Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Réponse des Sciences 2015/038

AVIS DE GESTION ET ÉVALUATION DES STOCKS DE HARENG DU PACIFIQUE EN COLOMBIE-BRITANNIQUE : ÉTAT EN 2015 ET PRÉVISIONS POUR 2016

Contexte

La Direction de la gestion des pêches du Pacifique de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à la Direction des sciences de la Région du Pacifique du MPO d'évaluer l'état des stocks de hareng de la Colombie-Britannique (C.-B.) en 2015 et d'établir des prévisions sur l'abondance possible du hareng en 2016 ainsi que les conséquences de divers potentiels de récolte, afin de guider l'élaboration du Plan de gestion intégrée des pêches de 2015-2016.

L'abondance du hareng du Pacifique fait actuellement l'objet d'une évaluation au moyen d'un modèle statistique des prises selon l'âge. Le modèle des prises selon l'âge est ajusté aux prises commerciales, aux proportions d'âges et aux indices des relevés indépendants de la pêche pour estimer la biomasse et le recrutement, et établir des prévisions à un an de la biomasse reproductrice (Martell *et al.* 2012; MPO 2014; MPO 2015). Une version révisée du modèle des prises selon l'âge a été intégrée à l'évaluation du hareng en C.-B. en 2006 (Haist et Schweigert 2006), et la conception du modèle a depuis fait l'objet de plusieurs itérations pour corriger des erreurs mineures; certaines de ses composantes ont été revues et restructurées. L'un des changements majeurs apportés en 2011 (Martell *et al.* 2012) a été de laisser le modèle estimer le paramètre de mise à l'échelle q pour le relevé sur le frai, plutôt que de le fixer à $q = 1$, comme c'était le cas dans les itérations précédentes du modèle des prises selon l'âge. Un autre important changement introduit en 2011 a été de rendre le seuil dépendant de la plus récente estimation de la biomasse non exploitée du modèle, seuil qui, auparavant, était traité comme une quantité fixe estimée d'après un modèle d'évaluation antérieur. Des préoccupations ont été soulevées quant à l'application de ces deux changements par rapport à la procédure de gestion historique ($q = 1$ et seuils fixes), et on a demandé d'évaluer les conséquences potentielles de ces deux procédures de gestion (historique et actuelle) au moyen d'une simulation. Les conséquences potentielles de ces changements n'ont pas été évaluées avant leur mise en œuvre, ce qui, conjointement avec l'absence de rétablissement dans certaines zones, a amené les Premières Nations et d'autres intervenants à remettre en cause l'adéquation de l'avis découlant de l'application de la procédure de gestion actuelle.

En mai 2015, un outil de simulation en boucle fermée a été élaboré pour évaluer le rendement des procédures de gestion du hareng par rapport à une série de mesures de la conservation et du rendement des pêches. L'outil de simulation a été examiné en mai 2015 dans le cadre d'un processus d'examen par les pairs du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) et accepté en tant que « validation de principe » de la fiabilité de la méthodologie. Dans l'immédiat, ce cadre de simulation pourra servir à l'évaluation des stocks de cette année, car il vise à trouver des compromis entre les procédures de gestion qui supposent d'autres hypothèses écologiques sur les conditions futures (p ex., tendances futures de la mortalité naturelle et de la croissance du hareng) et les hypothèses de la modélisation de l'évaluation (p. ex., proportion du frai observé lors du relevé).

Cette évaluation traite séparément la demande d'évaluation de l'état des stocks de hareng en C.-B. et la demande de comparaison des estimations tirées des procédures de gestion historique et actuelle au moyen d'une simulation. L'état des stocks de hareng en C.-B. en 2015 et les prévisions pour 2016 sont fournis sous forme de mise à jour de l'évaluation des stocks, selon Martell *et al.* (2012). L'état actuel des stocks ainsi que leurs tendances actuelles et la biomasse projetée en 2016 seront présentés dans une table de décision. Les estimations de la biomasse et les tables de décision reflètent la procédure de gestion actuelle (estimation de q, seuils variables en fonction du temps) et une estimation tirée de la procédure de gestion historique (q = 1, seuils fixes de 2014). L'étude de simulation fournit une évaluation initiale du rendement relatif des deux procédures de gestion au moyen de mesures comme la moyenne des prises, la variabilité des prises et la probabilité de tomber sous les points de référence limite éventuels de 0,25 B_0, de 0,30 B_0 (Pikitch *et al.* 2012) et de 0,40 B_0 (Pikitch *et al.* 2012) pour les estimations simulées des procédures de gestion historique et actuelle en fonction de différents ensembles d'hypothèses. Les travaux de simulation visent à orienter l'interprétation de l'avis d'évaluation présenté à la partie 1, et à fournir des directives pour la sélection d'une procédure de gestion provisoire à court terme (1-2 ans). L'évaluation des stocks et l'analyse par simulation sont présentées dans la présente réponse des Sciences.

Les objectifs de cette réponse des Sciences sont les suivants :

Partie 1

1. Évaluer l'état actuel du hareng du Pacifique pour chacun des cinq stocks principaux et des deux stocks secondaires en employant la procédure actuelle (estimation de q, seuils variables en fonction du temps) et la procédure de gestion historique (q = 1, seuils fixes).
2. Présenter les tendances de la biomasse de hareng, de l'épuisement et du recrutement pour chacun des stocks principaux et secondaires en employant la procédure actuelle, mais aussi la procédure de gestion historique.
3. Présenter les probabilités que les niveaux de la biomasse du stock reproducteur tombent sous les seuils et que les taux de récolte excèdent les cibles tels que prescrits par les procédures de gestion historique et actuelle pour différents totaux autorisés des captures (TAC) en 2016.

Partie 2

4. Présenter les résultats des simulations en comparant les estimations des procédures de gestion historique et actuelle et un éventail de critères de conservation et de rendement de la pêche (p. ex., points de référence limite éventuels, rendement, variabilité du rendement).

Des points de référence et des mesures du rendement supplémentaires sont aussi inclus pour la côte centrale (CC); ceux-ci découlent de discussions entre les représentants de l'équipe technique du MPO et de la Première Nation Heiltsuk.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences de septembre 2015 sur l'Évaluation et gestion des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état en 2015 et prévisions pour 2016.

Renseignements de base

Procédures de gestion des pêches du hareng du Pacifique en C.-B.

Les procédures de gestion du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en C.-B. comportent plusieurs composantes. Dans le présent document, la procédure de gestion est définie comme

une série d'intrants ou d'activités menant à une prise de décisions sur les prises pour une année donnée. Voici quelques-unes de ces composantes : nature et quantité des données recueillies; hypothèses relatives à la structure des stocks, modèle d'évaluation des stocks utilisé; règle de contrôle des prises (RCP) de hareng qui convertit mathématiquement certaines estimations de l'état actuel du stock en un TAC et en erreurs de mise en œuvre (de la Mare 1998). L'efficacité d'une procédure de gestion donnée dépend des objectifs définis pour la gestion du stock, y compris la probabilité d'atteindre le niveau de biomasse cible, la probabilité d'éviter les niveaux de biomasse limites, la moyenne des prises, la variabilité dans les prises et d'autres mesures du rendement qui n'ont pas encore été finalisées pour le hareng en C.-B. En ce qui concerne le hareng en C.-B., un processus de consultation avec les Premières Nations et l'industrie fait suite à la présentation de l'avis sur les prélèvements découlant de la procédure de gestion. Gestion des pêches tient compte de cette information au moment de fixer les TAC finaux.

Le hareng est présentement géré au moyen d'une règle de contrôle des prises, qui a été appliquée pour la première fois en 1986 (Hall *et al.* 1988). Comme les politiques relatives aux seuils appliquées aux pêches du hareng en Alaska (Zheng *et al.* 1993), la règle est constituée d'un seuil selon lequel, s'il est prévu que le stock excède 25 % de la biomasse non exploitée pendant la prochaine année de pêche, on applique un taux de récolte de 20 % à la biomasse prévue par l'évaluation du stock. Deux études de simulation ont évalué l'application de cette règle de contrôle des prises (Zheng *et al.* 1993; Hall *et al.* 1988). Ces deux analyses étaient fondées sur des hypothèses de la modélisation irréalistes pour le hareng en C.-B. : les données recueillies depuis ces premières simulations indiquent que les hypothèses voulant que la croissance (poids selon l'âge) et la mortalité naturelle restent constantes au fil du temps ne sont pas valides. La mortalité naturelle et le poids selon l'âge des stocks de hareng de la C.-B. ont affiché d'importants changements dans les zones d'Haida Gwaii (HG), de la côte centrale (CC) et de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV) (MPO 2014; MPO 2015; Cleary et Taylor 2015, en cours de rédaction[1]). Ces changements, variables avec le temps, du poids selon l'âge et de la mortalité naturelle n'ont pas été pris en compte dans les premières simulations, mais ont été observés depuis; c'est pourquoi les analyses originales n'étaient pas adéquates pour évaluer pleinement la règle de contrôle actuelle.

Le mauvais rendement des règles de contrôle des prises pour le hareng de la C.-B., attribuable au changement climatique, a été confirmé par l'incapacité de donner des prévisions précises du rendement de la procédure de gestion. Hall *et al.* (1988) ont prévu qu'en maintenant les taux de récolte sous 0,3, la probabilité qu'un stock modélisé du détroit de Georgie (DG) chute sous le seuil de 25 % aurait dû être inférieure à 0,05. La RCP a été appliquée aux cinq principales zones de stock du hareng en C.-B. Cependant, en dehors du district de Prince Rupert (DPR) et du DG, les données laissent entendre que la règle de contrôle des prises du hareng n'a pas donné les résultats prévus à l'origine par Hall *et al.* (1988), fort probablement en raison de changements environnementaux imprévus (qui ont entraîné une diminution du poids selon l'âge et des variations de la mortalité naturelle). À l'aide des modèles d'évaluation disponibles à l'époque, le stock d'HG a été estimé sous le seuil en 1988, en 1995, en 2001, en 2003, et en 2005-2012; celui de la CC se trouvait sous le seuil en 2008-2013; et celui de la COIV se situait sous le seuil en 2001, de 2006 à 2011 et en 2013. Dans ces trois zones, les stocks ont été estimés sous le seuil bien plus souvent que 5 % du temps. Il faut réaliser de nouvelles analyses par simulation des règles de contrôle des prises pour l'ensemble des stocks de la C.-B. afin d'évaluer comment les autres procédures de gestion fonctionneront dans d'autres conditions futures potentielles.

[1] Cleary, J.S. et Taylor, N.G. 2015. Status of B.C. Pacific Herring (*Clupea pallasii*) in 2014 and forecasts for 2015. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. En cours de rédaction.

En plus des changements environnementaux, aucun élément des procédures de gestion du hareng n'est demeuré constant. Pratiquement tous les éléments de la procédure de gestion ont changé au fil du temps, y compris : l'inclusion/exclusion des prises de la pêche à la rogue sur varech; les données du relevé sur le frai sont passées de relevés à la surface à relevés par plongée en 1988; l'indice du relevé a été traité comme un indice absolu et comme un indice relatif de la biomasse du hareng; la méthodologie de projection de la biomasse du stock a changé; et les seuils ont été modifiés. Ce qui a été largement laissé de côté au sujet des évaluations des stocks de hareng, c'est que les hypothèses utilisées dans le modèle d'évaluation sont elles-mêmes des choix importants pour la procédure de gestion (Butterworth 2007). Les hypothèses relatives aux modèles d'évaluation ont changé à plusieurs reprises en ce qui concerne le hareng (Haist et Stocker 1984; Haist et Schweigert 2006, Christensen *et al.* 2010, Cleary et Schweigert 2011). Toutes ces modifications ont été apportées avant que l'on en ait évalué les conséquences au moyen de simulations (il ne s'agissait pas d'une pratique courante à l'époque). En général, les analyses par simulation (Conseil national de recherches [CNR] 1998) et rétrospectives (p. ex., Walters et MacGuire 1996) ont démontré que pour une année donnée, les modèles d'évaluation pouvaient être considérablement erronés. La tendance des modèles d'évaluation à produire des estimations peu fiables de la taille des stocks a d'importantes conséquences sur la prise de décisions annuelles, notamment le fait que l'incertitude indiquée dans les tables de décision pourrait ne représenter que l'incertitude en fonction d'un modèle dont les estimations sont biaisées.

Un nouveau modèle statistique des prises selon l'âge a été introduit en 2011 (Martell *et al.* 2012), puis utilisé par la suite pour l'évaluation des stocks en 2012, en 2013 et en 2014. Martell *et al.* (2012) incluent deux importants changements dans la procédure de gestion : une modification du modèle d'évaluation, en passant d'un modèle avec des seuils fixes et le paramètre de mise à l'échelle du relevé du frai q fixé à 1 (pour le relevé par plongée) à une procédure qui estime les paramètres q du relevé à la surface et par plongée (en utilisant une distribution a priori) et qui estime les seuils chaque année. À l'exception du DPR, les modifications mises en œuvre en 2011 ont permis de pêcher à des niveaux de biomasse plus faibles, car les seuils étaient inférieurs aux seuils fixes établis en 1996. De plus, les valeurs estimées de q étaient inférieures à un pour l'ensemble des zones de stock : à lui seul, ce changement a eu des effets très importants sur les prises calculées selon la règle de contrôle des prises par rapport à la pratique antérieure à 2011. Dans certaines zones, les prises prévues par la procédure de gestion actuelle ont atteint presque le double de ce qui aurait été estimé au moyen de la procédure historique (Cleary et Taylor 2015, en cours de rédaction[1])

Depuis 2011, la communauté scientifique du hareng n'arrive pas à se mettre d'accord sur l'application de la procédure de gestion actuelle au lieu de l'approche utilisée par le passé. Les préoccupations des Premières Nations, des gestionnaires des ressources, des scientifiques et de l'industrie, qui découlent principalement des écarts entre les observations sur le terrain de l'abondance des stocks et les prévisions des modèles d'évaluation actuel et historique, ont mené à la création d'un groupe de travail technique pilote comptant des fonctionnaires du Secteur des sciences et de Gestion des pêches du MPO et des représentants techniques de plusieurs Premières Nations et de l'industrie du hareng. Ce groupe de travail technique pilote a apporté du soutien technique lors de l'élaboration de la présente réponse des Sciences.

En gros, cette réponse des Sciences présente une évaluation des stocks de hareng du Pacifique réalisée au moyen des procédures de gestion historique et actuelle ainsi qu'une analyse par simulation pour illustrer les conséquences à long terme de l'application des estimations de ces procédures de gestion. L'analyse des procédures de gestion historique et actuelle par simulation aidera à comprendre les compromis de rendement entre ces procédures pour orienter la prise de décisions sur les pêches en 2016, c'est-à-dire en l'absence d'une

évaluation complète des procédures de gestion par rapport aux objectifs relatifs aux stocks de hareng en C.-B. L'analyse par simulation utilisera le cadre de simulation en boucle fermée examiné par le SCCS en mai 2015 pour évaluer le rendement à long terme de chaque procédure de gestion par rapport aux modèles d'exploitation (décrits plus bas) qui caractérisent chaque ensemble d'hypothèses sous-jacentes.

Il est important de noter que la « procédure de gestion historique » présentée dans le cadre de l'évaluation des stocks et des évaluations de simulation qui suivent ne correspond pas exactement à ce qui a été fait dans le passé. Il y a plusieurs raisons à cela. L'une d'elles est que la gestion du hareng reposait auparavant sur les approches de prévision du recrutement, qui sont désormais jugées non valides (MPO 2014a). De plus, comme il est discuté plus loin, plusieurs modifications ont été apportées au modèle d'évaluation. Une autre raison est que la mise en place de la règle de contrôle des prises sur le plan des prises autorisées et réalisées n'a pas été constante au fil des ans : les TAC étaient souvent inférieurs aux niveaux indiqués dans la procédure de gestion. Il est donc impossible de reproduire exactement ce qui s'est produit par le passé. Le terme « procédure de gestion historique » fait référence à deux principaux éléments de la pratique historique : fixer la valeur de q des relevés par plongée, et fixer les seuils aux niveaux définis en 1996. Dans la présente réponse des Sciences, les termes « procédure de gestion n° 1 » (PG1) et « procédure de gestion n° 2 » (PG2) font référence aux procédures utilisant un q estimé/seuil estimé et un q fixe/seuil fixe pour l'analyse par simulation. Une approche similaire est adoptée pour décrire l'évaluation des stocks avec le modèle d'évaluation des stocks n° 1 (ME1), qui réfère au modèle utilisant un q estimé/seuil estimé, et le modèle d'évaluation des stocks n° 2 (ME2), pour lequel q des relevés par plongée est fixé à 1 et les seuils sont fixés aux niveaux de 1996.

Analyse et réponse

PARTIE 1 : Modélisation de l'évaluation des stocks pour 2015

La plateforme statistique utilisée pour estimer la biomasse du stock reproducteur de hareng pour le ME1 et le ME2 est le modèle statistique intégré des prises selon l'âge (Martell *et al.* 2012). Depuis, cette approche a été utilisée pour préparer les avis scientifiques de 2011 à 2015. Ce modèle fondé sur les prises des deux sexes selon l'âge a été appliqué de façon indépendante à chaque zone de stock et rempli avec les données sur les indices de frai indépendants des pêches, les estimations annuelles des prises commerciales depuis 1951 et les données sur la structure selon l'âge dérivées des pêches commerciales et de la charte du programme de la pêche d'essai. Les principaux résultats des évaluations des stocks de hareng du Pacifique dans les cinq zones principales et les deux zones secondaires de stock se reflètent notamment dans le rétablissement des stocks, l'état du stock reproducteur en 2015 et la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016.

Les paramètres estimés par le ME1 et le ME2 comprennent les paramètres stock-recrutement (le recrutement est modélisé comme étant des poissons d'âge 2), les taux de mortalité naturelle de chaque année (1951-2015), les paramètres de mise à l'échelle des séries chronologiques des relevés à la surface (q_1, 1951-1987) et des relevés par plongée (q_2, 1988-2015), ainsi que les paramètres de sélection selon l'âge pour les pêches commerciales et d'essai, lorsqu'ils étaient disponibles. Les résultats du modèle et l'avis en découlant sont présentés au moyen des hypothèses des procédures de gestion historique et actuelle où, comme il a été discuté précédemment, le ME1 comprend un modèle d'évaluation des stocks qui estime les paramètres de mise à l'échelle des relevés du frai q à l'aide d'une distribution a priori (Martell *et al.* 2012) et utilise des seuils variables en fonction du temps (basés sur l'estimation la plus récente du modèle de 25 % de la biomasse non exploitée), tandis que le ME2 part de l'hypothèse de q = 1

(relevé par plongée) et intègre des seuils fixes (HG : 10 700 t; DPR : 12 100 t; CC : 17 600 t; DG : 21 200 t; COIV : 18 800 t).

L'incertitude pour chaque modèle d'évaluation est représentée dans les estimations des paramètres et les projections au moyen de distributions a posteriori de Bayes qui intègrent les hypothèses et les connaissances antérieures (p. ex., *q* des relevés de frai et mortalité naturelle) avec les fonctions vraisemblables déduites à partir des données d'évaluation. Les distributions a posteriori du modèle revêtent la forme de 5 000 échantillons aléatoires tirés d'un échantillon de Monte-Carlo par chaîne de Markov (MCCM). Ces échantillons ont servi à développer des présentations graphiques, à réaliser des calculs des probabilités et à obtenir des intervalles de crédibilité de 5-95 % pour les paramètres et les projections. En ce qui concerne les projections, chaque échantillon de MCCM est combiné à un niveau de prises constant pour prévoir la biomasse du stock reproducteur en 2016, puis utilise les distributions des taux de prises et de la biomasse du stock reproducteur pour calculer les probabilités que la biomasse du stock reproducteur tombe sous le seuil et que les taux de récolte excèdent les cibles tels que définis dans les règles de contrôle des prises de hareng.

La partie 1 décrit les tendances des prises, du poids selon l'âge, de la biomasse du stock reproducteur et de la mortalité naturelle à l'échelle de la côte pour les cinq principaux stocks de hareng de la C.-B. Les résumés propres à chaque stock de l'estimation de la biomasse (actuelle) du stock reproducteur, BSR_{2015}, de l'estimation de la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur (BSR_0), des estimations des ratios de BSR_{2015}/BSR_0, des tendances du recrutement des poissons d'âge 2 et des taux de mortalité naturelle instantanée, sont présentés ensuite. Tous les résultats sont présentés pour les deux procédures de gestion. Des mises à jour sont aussi fournies pour deux stocks mineurs : zone 2W et zone 27. Des extrants supplémentaires sont aussi inclus pour la CC; ils découlent de discussions entre l'équipe technique du MPO et la Première Nation Heiltsuk.

Données d'entrée

À l'heure actuelle, en Colombie-Britannique, il est possible de pratiquer : la pêche commerciale au hareng du Pacifique pour le marché des appâts et les produits de la récolte d'œufs sur varech et de harengs rogués, ainsi que pour des usages spéciaux; la pêche autochtone à des fins alimentaires, sociales et rituelles (ASR); la pêche récréative. Le tableau 1 présente les prélèvements combinés de 2008 à 2015 enregistrés pour les pêches du hareng rogué ainsi que les pêches pratiquées à des fins de subsistance, pour le marché des appâts et pour des usages spéciaux dans les cinq zones principales et les deux zones secondaires d'évaluation des stocks de hareng de la Colombie-Britannique.

On combine les échantillons biologiques recueillis dans le cadre de la pêche du hareng rogué à la senne et du programme de pêche expérimentale par navire affrété pour calculer le poids moyen selon l'âge dans chaque zone de stock. Dans toutes les principales zones de stock, le poids moyen selon l'âge a connu une tendance à la baisse chez les poissons d'âge 3 et plus vers la fin des années 1980, atteignant les valeurs les plus faibles de la série chronologique entre 2009 et 2011 (figure 1). Cette tendance se maintient pour tous les poissons d'âges 3 à 8. Chez les poissons d'âges 9 et 10 (non illustrés), la tendance des récentes hausses du poids moyen selon l'âge ne s'est pas maintenue parmi tous les âges et toutes les zones, mais il convient de noter que les échantillons ayant servi au calcul du poids moyen selon l'âge pour ces classes d'âge plus vieilles étaient de petite taille. Depuis 2011, le poids moyen selon l'âge observé chez les poissons d'âge 3 à 8 pour l'ensemble des principales zones de stock connaît une hausse générale, malgré quelques petites exceptions d'année en année (p. ex., un déclin du poids moyen à l'âge 3 du hareng du DG de 2014 à 2015). Des échantillons biologiques ont aussi été utilisés pour calculer des proportions selon l'âge pour chaque stock, pour estimer la

sélectivité de la pêche, et pour documenter l'estimation du recrutement et des taux de mortalité naturelle. Les proportions selon l'âge observées en 2015 sont consignées dans les sections propres aux stocks ci-après.

Tableau 1. Combinaison des prélèvements commerciaux (en tonnes) dans le cadre des pêches du hareng rogué, pratiquées à des fins de subsistance, pour le marché des appâts et pour des usages spéciaux dans les zones d'évaluation des stocks de hareng en C.-B. de 2008 à 2015. Les prélèvements d'œufs sur varech, les pêches ASR et les pêches récréatives ne sont pas inclus dans ce tableau.

Zone de stock	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Haida Gwaii	0	0	0	0	0	0	0	0
District de Prince Rupert	1 662	2 000	1 484	2 147	1 383	2 027	2 003	2 163
Côte centrale	0	0	0	0	0	0	687	626
Détroit de Georgie	9 934	10 170	8 324	5 128	11 339	16 566	20 307	19 969
Côte ouest de l'île de Vancouver	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 2W	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 27	0	0	0	0	0	0	0	0

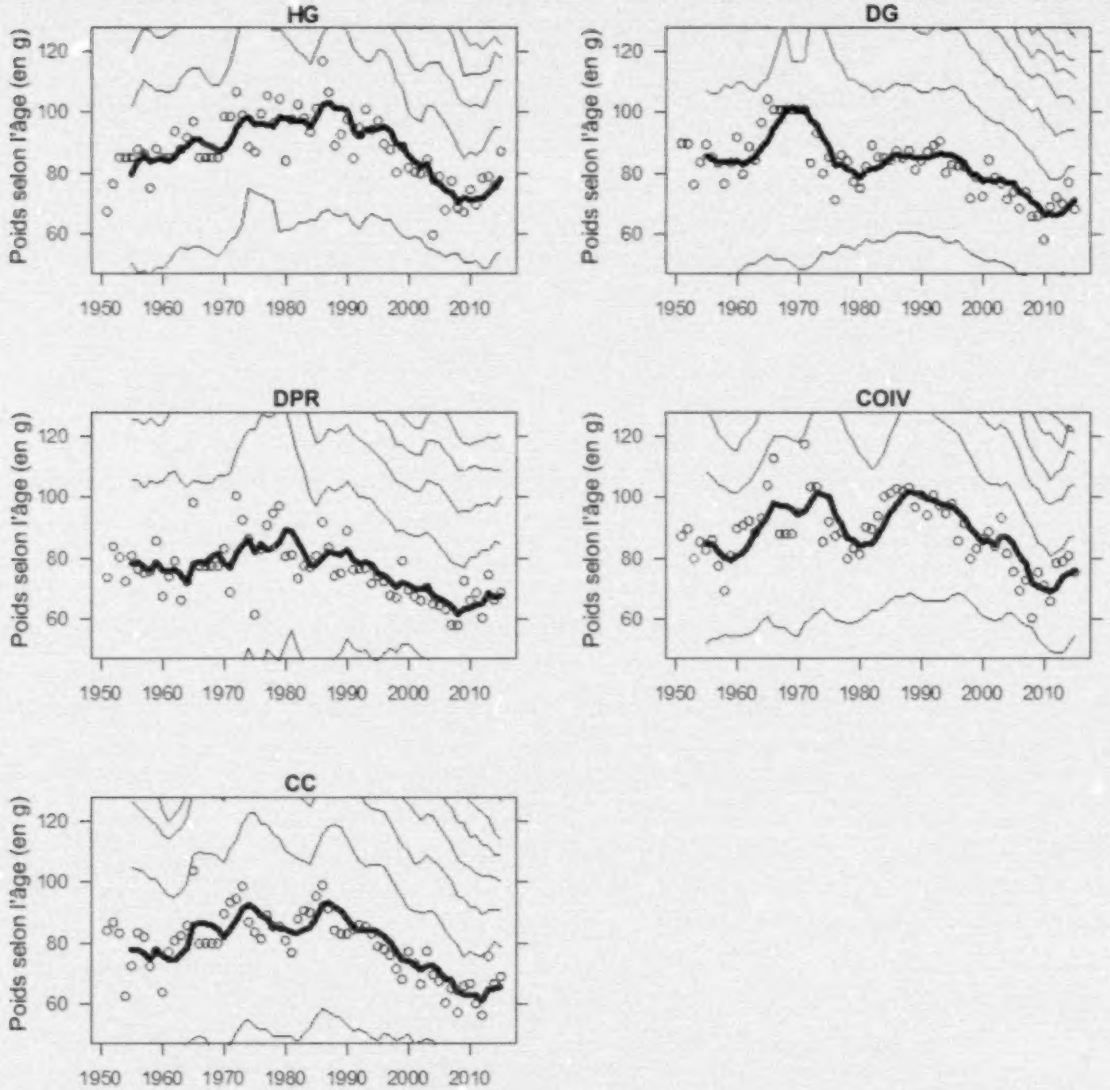

Figure 1. Séries chronologiques du poids moyen selon l'âge observé chez les poissons d'âge 3 (cercles) et moyenne mobile sur cinq ans du poids moyen des poissons d'âge 3 (ligne noire) pour les principales zones de stock. Les lignes noires en gras représentent le poids moyen sur cinq ans des poissons d'âge 2 (plus bas) et des âges 4-7 (à la hausse à partir de l'âge 3).

Tendances à l'échelle de la côte concernant les prises, biomasse du stock reproducteur et mortalité naturelle

Par rapport à la période de réduction (1951-1965), les prises ont été beaucoup plus faibles. À plusieurs reprises entre 1951 et 1965, les prises à l'échelle de la côte ont dépassé 150 kt, avec un maximum de 220 kt en 1956 (figure 2). Après la fermeture de la pêche vers la fin des années 1960, les prises à l'échelle de la côte au début des années 1970 sont passées de 8,9 kt à 82 kt en 1976. Dans les années 1980, les prises étaient comprises entre 16 kt et 41 kt, et entre 22 kt et 40 kt au cours des années 1990. Les prises à l'échelle de la côte ont affiché un déclin général entre 2005 et 2011, passant de 31 kt à 7,3 kt respectivement.

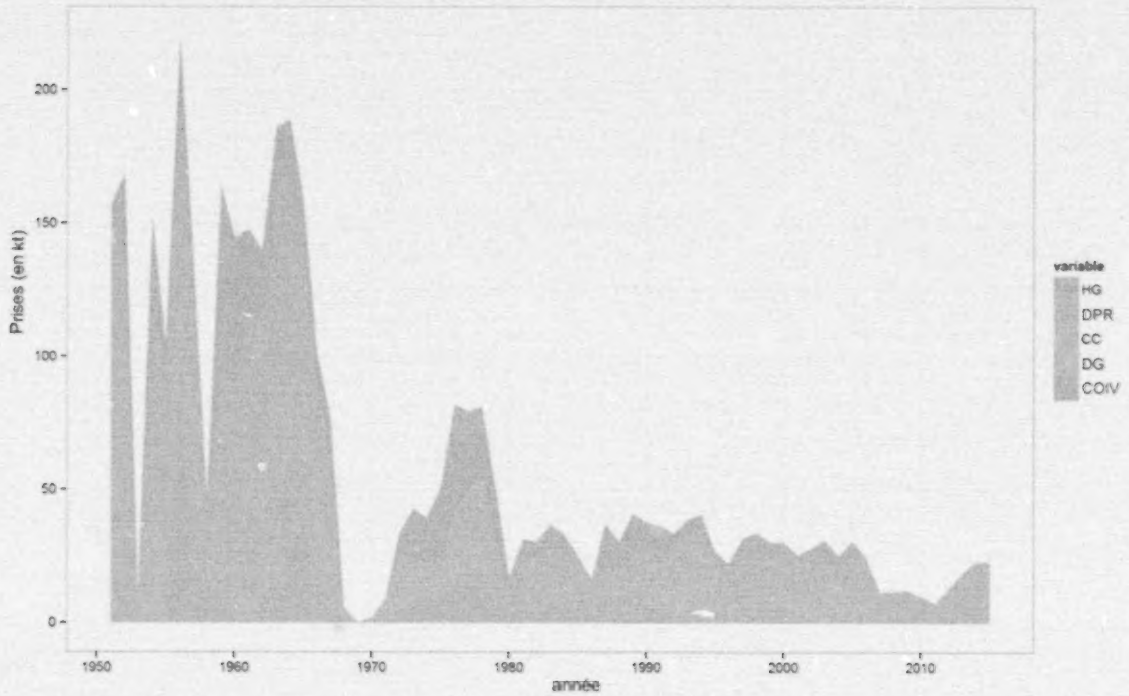

Figure 2. Histogramme des prises par zone sur l'ensemble de la côte, en kilotonnes (kt).

Comme les prises, la biomasse du stock reproducteur à l'échelle de la côte a varié considérablement depuis 1950. Après la période de diminution, la biomasse sur l'ensemble de la côte était à son plus faible au milieu des années 1960. Cette biomasse a atteint son sommet vers la fin des années 1970. Une seconde période de très faible biomasse a été observée entre 2000 et 2010. Bien que les tendances de la biomasse sur l'ensemble de la côte soient similaires entre le ME1 et le ME2, chaque modèle d'évaluation génère des estimations absolues de la biomasse très différentes à l'échelle de la côte (figure 3). Il importe de souligner que la réduction des prises de la pêche comprend une forte proportion de poissons immatures, qui ne sont pas reflétés dans la biomasse du stock reproducteur présentée à la figure 3.

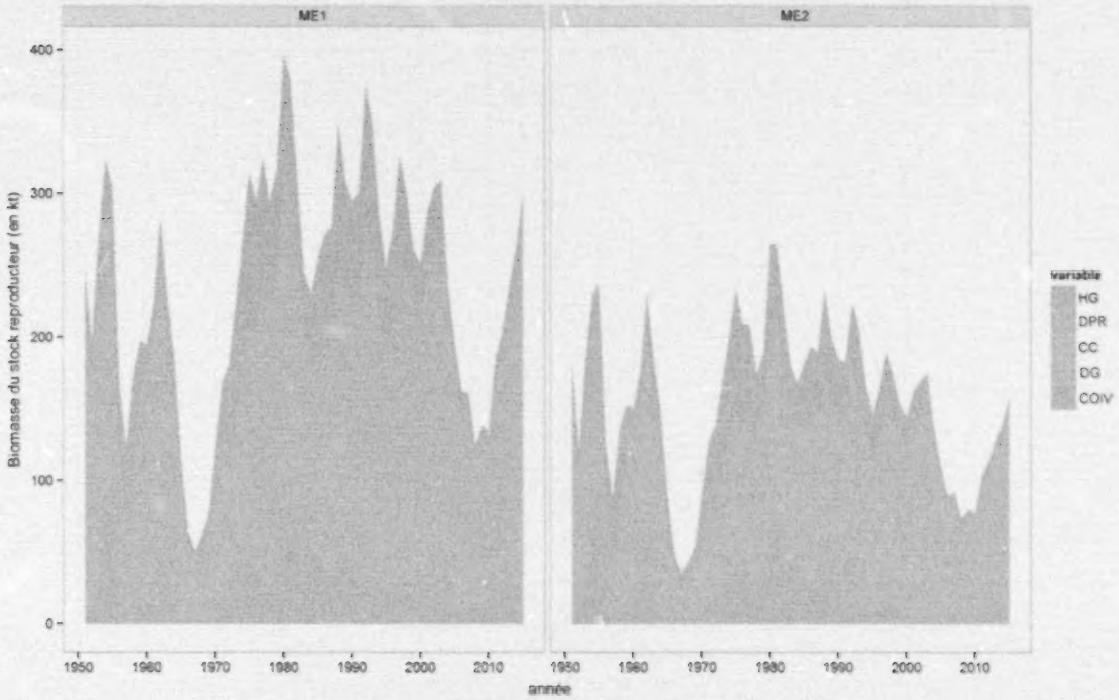

Figure 3. Histogramme des estimations de la biomasse à l'échelle de la côte par zone pour le ME1 (modèle avec q estimé/seuil estimé) et le ME2 (q fixe à 1 pour les relevés par plongée/seuils fixes).

En même temps que la biomasse totale variable pour l'ensemble de la côte, on a observé des variations dans la distribution de la biomasse du stock reproducteur et des prises entre les principales zones de stock. Il y a quelques différences entre les estimations de chaque modèle d'évaluation, mais ces estimations montrent toutes qu'avant 1990, la biomasse de hareng à l'échelle de la côte était répartie plus uniformément entre les principales zones de stock (figure 3). Au cours de certaines périodes, d'importantes proportions de la biomasse du stock reproducteur sur toute la côte se trouvaient dans les zones de la COIV et du DPR (figure 4). Depuis 1990, la proportion de la biomasse du stock reproducteur le long de la côte dans le détroit de Georgie a connu une hausse progressive, et les deux modèles d'évaluation estiment que plus de 50 % de toute la biomasse du stock reproducteur de l'ensemble de la côte s'y trouve (figure 4). En lien avec les fermetures des pêches et les changements apparents dans la distribution relative de la biomasse du stock reproducteur à l'échelle de la côte, la proportion des prises sur toute la côte qui proviennent du stock du DG est progressivement passée de 25 % en 1990 à plus de 75 % en 2015 (figure 4, en haut).

Même s'il y a quelques différences entre les estimations du ME1 et du ME2, les tendances se ressemblent, car l'estimation de la mortalité naturelle médiane a varié entre toutes les principales zones de stock au cours de 15 dernières années. En général, le ME2 estime que les valeurs de la mortalité naturelle sont plus faibles que celles du modèle d'évaluation actuel (ME1) actuel, avec des estimations de la biomasse de 2001 à 2015 se situant en moyenne à 3,9 %, 1,4 %, 6,1 %, 17 % et 5,5 % plus bas pour le ME2 que le ME1 dans chacune des principales zones de stock respectives.

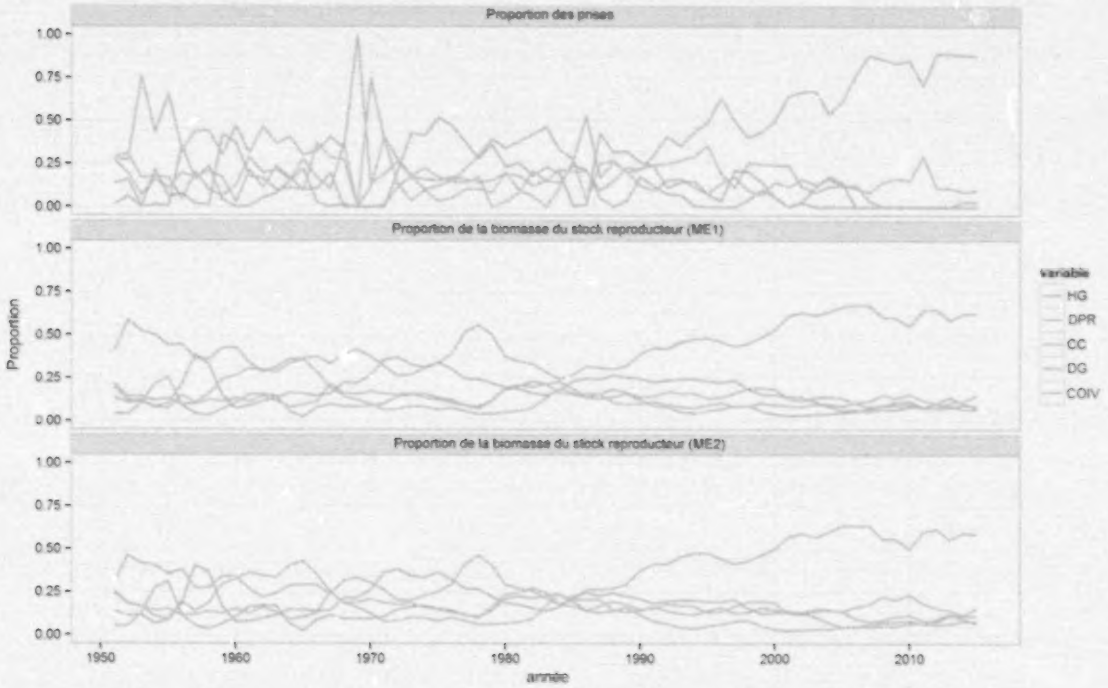

Figure 4. Proportion de la biomasse du stock reproducteur entre les zones estimées au moyen du ME1 (modèle utilisant un q estimé/seuil estimé) et du ME2 (q fixe à 1 pour les relevés par plongée/seuils fixes) (deux graphiques inférieurs) et proportions des prises totales par zone (graphique supérieur).

Dans toutes les zones, l'estimation de la mortalité naturelle a augmenté pendant plusieurs années après la période de diminution (figure 5). La mortalité naturelle médiane affiche un déclin constant dans HG depuis 2004, et elle était de 0,63 et de 0,62 pour les deux modèles d'évaluation en 2015 (figure 6c). Même si l'on a observé une certaine variation en dents de scie dans le DPR, la mortalité naturelle a augmenté, passant d'aussi peu que 0,27 (ME1) ou 0,24 (ME2) en 1980 à un sommet de 0,55 et de 0,51 en 2015 pour les ME1 et ME2 respectivement (figure 7c). L'estimation de la mortalité naturelle dans la CC a connu une hausse entre 2001 et 2008 (de 0,46 à 0,92 pour le ME1 et de 0,38 à 0,88 pour le ME2), mais on estime qu'elle a depuis décliné de façon constante jusqu'à 0,36 (ME1) et 0,35 (ME2) en 2015 (figure 9c). Le DG a suivi une tendance similaire à la CC, avec une mortalité naturelle atteignant un sommet en 2007 à 0,85 (ME1) et à 0,71 (ME2), puis affichant un déclin constant depuis ce temps (figure 10c). Au cours des 15 dernières années, l'estimation de la mortalité naturelle dans la région de la COIV a oscillé, avec une mortalité naturelle médiane supérieure de 1,18 (ME1) ou de 1,10 (ME2) en 2006, et avec des estimations actuelles de 0,82 et de 0,76 pour le ME1 et le ME2 respectivement (figure 11c). Pour l'ensemble des stocks, l'incertitude entourant les estimations de la mortalité naturelle est très élevée ces dernières années, comme le démontrent bien les intervalles de crédibilité à 90 % (figures 6c, 7c, 9c-11c).

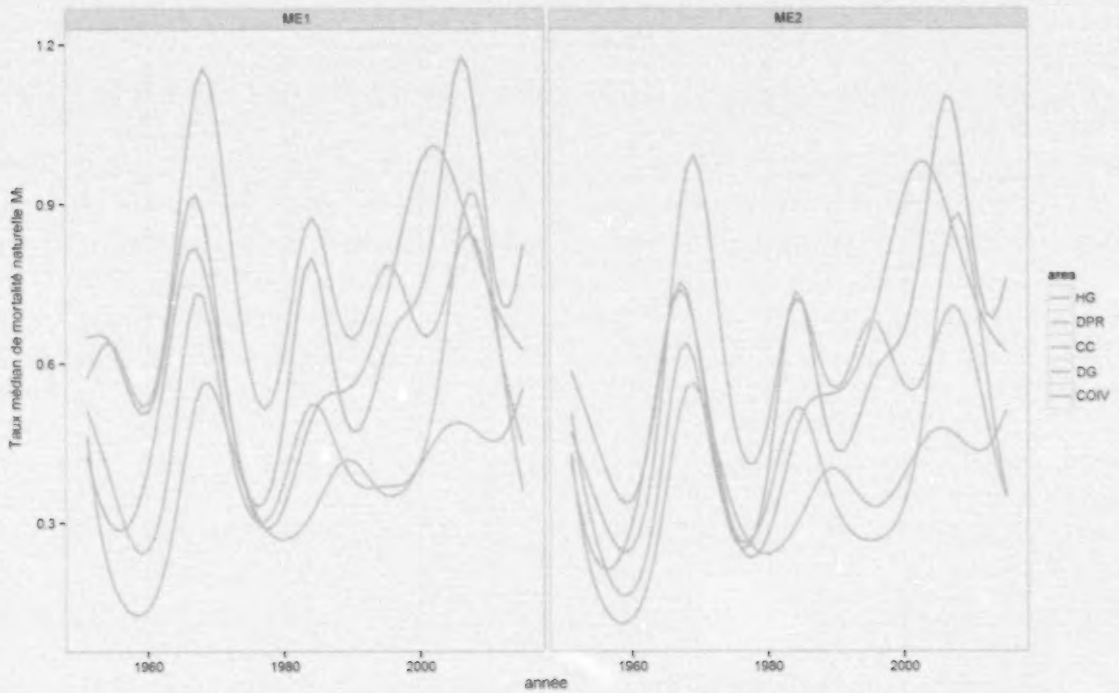

Figure 5. Séries chronologiques des estimations médianes a posteriori du taux de mortalité naturelle pour les principales zones de stocks avec le ME1 (modèle avec q estimé/seuil estimé) et ME2 (q fixe à 1 pour le relevé par plongée/seuils fixes)

Tableau 2. Estimations médianes (avec un intervalle de crédibilité de 5-95 %) de la biomasse du stock reproducteur (BSR_t) pour les stocks de hareng, de 2011 à 2015.

Stock	ME	2011	2012	2013	2014	2015
HG	ME1	13 265 (8 622-19 958)	20 150 (13 075-30 151)	31 518 (20 230-48 379)	26 536 (16 572-42 413)	23 354 (12 359-44 129)
	ME2	6 674 (4 997-8 888)	10 067 (7 556-13 430)	15 761 (11 524-21 621)	13 322 (9 388-19 719)	11 892 (6 574-21 320)
DPR	ME1	20 419 (13 798-30 470)	19 133 (12 975-28 558)	20 099 (13 635-30 122)	17 543 (11 641-27 338)	20 759 (11 291-38 357)
	ME2	18 550 (14 472-23 413)	17 418 (13 768-22 012)	18 658 (14 483-23 669)	16 521 (11 886-22 770)	19 728 (11 374-34 148)
CC	ME1	14 774 (10 494-20 930)	14 776 (10 429-20 616)	25 257 (17 583-35 730)	29 841 (19 717-43 846)	44 900 (26 913-71 461)
	ME2	8 687 (6 986-10 789)	8 550 (6 958-10 583)	14 383 (11 445-17 940)	16 482 (12 319-21 535)	24 823 (16 201-36 214)
CC, zones 06 et 07	ME1	13 358 (9 346-19 152)	13 323 (9 369-19 187)	22 352 (15 346-32 682)	26 405 (17 235-40 272)	40 981 (24 598-67 309)
	ME2	7 924 (6 294-9 979)	7 859 (6 315-9 949)	13 039 (10 213-16 737)	14 818 (10 824-19 927)	23 126 (15 119-33 762)
DG	ME1	108 829 (77 933-153 659)	120 670 (86 571-170 326)	126 136 (89 782-179 002)	150 746 (103 787-218 480)	174 687 (108 471-274 797)
	ME2	62 753 (53 135-73 187)	69 981 (59 220-81 735)	71 593 (59 660-84 642)	83 077 (65 502-103 617)	92 511 (63 421-130 815)
COIV	ME1	14 130 (9 572-20 828)	14 273 (9 564-21 172)	17 742 (11 949-26 274)	24 102 (16 172-36 373)	25 338 (14 423-43 356)
	ME2	6 739 (5 179-8 657)	6 825 (5 196-8 756)	8 467 (6 502-10 825)	11 688 (8 654-15 619)	12 708 (7 667-20 725)
Zone 2W	ME1	3 901 (2 263-6 564)	4 004 (2 309-6 948)	3 935 (2 100-7 407)	3 410 (1 471-7 577)	3 260 (856-8 929)
	ME2	1 671 (1 127-2 501)	1 715 (1 124-2 661)	1 693 (997-2 959)	1 485 (650-3 228)	1 428 (350-3 957)
Zone 27	ME1	1 305 (845-2 085)	1 218 (775-1 978)	1 399 (871-2 323)	1 567 (965-2 637)	2 176 (1 206-3 875)
	ME2	1 080 (810-1 478)	1 017 (753-1 422)	1 180 (840-1 686)	1 305 (895-1 871)	1 738 (1 068-2 780)

Tableau 3. Estimations médianes (avec un intervalle de crédibilité de 5-95 %) de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}), de la biomasse non exploitée du stock reproducteur (BSR_0), de 0,25 BSR_0, et rapport BSR_{2015}/BSR_0 pour tous les stocks de hareng de la Colombie-Britannique.

		Biomasse du stock reproducteur (BSR_{2015})			Biomasse non exploitée (BSR_0)			0,25*BSR_0			Rapport médian de la biomasse du stock reproducteur par rapport à la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur (BSR_{2015}/BSR_0)		
Stock	ME	5e centile	Médiane	95e centile	5e centile	Médiane	95e centile	5e centile	Médiane	95e centile	5e centile	Médiane	95e centile
HG	ME1	12 359	23 354	44 129	25 908	34 176	46 779	6 477	8 544	11 695	0,37	0,68	1,24
	ME2	6 574	11 892	21 320	20 480	26 305	35 806	5 120	6 576	8 952	0,25	0,44	0,81
DPR	ME1	11 291	20 759	38 357	47 085	60 487	89 739	11 771	15 122	22 435	0,18	0,33	0,63
	ME2	11 374	19 728	34 148	46 217	60 571	94 201	11 554	15 143	23 550	0,17	0,32	0,55
CC	ME1	26 913	44 900	71 461	48 163	60 348	78 987	12 041	15 087	19 747	0,45	0,74	1,16
	ME2	16 201	24 823	36 214	43 177	53 523	70 172	10 794	13 381	17 543	0,29	0,46	0,69
CC, zones 06 et 07	ME1	24 598	40 981	67 309	43 420	54 436	70 412	10 855	13 609	17 603	0,46	0,75	1,20
	ME2	15 119	23 126	33 762	39 933	49 826	66 371	9 983	12 456	16 593	0,29	0,46	0,70
DG	ME1	108 471	174 687	274 797	116 426	143 013	185 613	29 107	35 753	46 403	0,79	1,22	1,79
	ME2	63 421	92 511	130 815	99 844	117 655	151 556	24 961	29 414	37 889	0,51	0,78	1,13
COIV	ME1	14 423	25 338	43 356	45 780	57 143	72 721	11 445	14 286	18 180	0,26	0,44	0,72
	ME2	7 667	12 708	20 725	36 790	44 440	55 484	9 198	11 110	13 871	0,17	0,28	0,47
Zone 2W	ME1	856	3 260	8 929	1 940	3 219	5 893	484	805	1 473	0,31	1,01	2,36
	ME2	350	1 428	3 957	1 187	1 924	3 477	297	481	869	0,20	0,72	1,86
Zone 27	ME1	1 206	2 176	3 875	1 526	2 185	3 292	382	546	823	0,58	0,99	1,68
	ME2	1 068	1 738	2 780	1 410	1 830	2 362	352	458	591	0,56	0,95	1,60

Tableau 4. Estimations de la biomasse projetée du stock reproducteur avant la récolte en 2016 en supposant qu'il n'y a aucune prise, et proportions prévues de poissons d'âge 3 et d'âges 4 à 10 pour l'ensemble des stocks de hareng de la C.-B.

		Proportion projetée de poissons d'âge 3 en 2016			Proportion projetée de poissons d'âges 4 à 10 en 2016			Biomasse du stock reproducteur projetée (BSR_{2016}), en supposant qu'il n'y a aucune prise		
Stock	PG	5e centile	Médiane	95e centile	5e centile	Médiane	95e centile	5e centile	Médiane	95e centile
HG	ME1	0,12	0,21	0,32	0,46	0,66	0,78	9 732	19 795	40 732
	ME2	0,11	0,20	0,30	0,41	0,65	0,78	5 266	10 450	20 870
DPR	ME1	0,29	0,47	0,66	0,28	0,44	0,63	13 530	26 580	52 452
	ME2	0,28	0,47	0,65	0,28	0,45	0,64	13 439	25 530	48 531
CC	ME1	0,08	0,24	0,53	0,39	0,67	0,85	24 780	44 210	76 944
	ME2	0,09	0,27	0,56	0,37	0,63	0,83	15 310	25 570	42 401
	ME3	-	-	-	-	-	-	-	*32 772*	-
CC, zones 06 et 07	ME1	0,08	0,23	0,53	0,40	0,68	0,86	22 900	40 945	72 782
	ME2	0,09	0,26	0,56	0,36	0,64	0,84	14 470	24 170	40 412
	ME3	-	-	-	-	-	-	-	*30 473*	-
DG	ME1	0,37	0,46	0,54	0,38	0,46	0,54	129 100	217 800	355 405
	ME2	0,35	0,43	0,52	0,41	0,49	0,56	80 270	123 000	183 405
COIV	ME1	0,42	0,57	0,68	0,19	0,28	0,37	18 560	34 450	62 873
	ME2	0,40	0,55	0,67	0,19	0,28	0,37	10 040	17 830	32 043
Zone 2W	ME1	0,03	0,06	0,12	0,74	0,90	0,95	626	2 834	9 019
	ME2	0,03	0,06	0,12	0,72	0,90	0,95	253	1 255	4 124
Zone 27	ME1	0,08	0,24	0,54	0,40	0,68	0,68	1 217	2 348	4 538
	ME2	0,08	0,24	0,55	0,38	0,68	0,87	1 094	1 885	3 288

Résultats des projections et tables de décision

Les biomasses projetées du stock reproducteur avant la récolte en supposant qu'il n'y a aucune prise en 2016, de même que la contribution relative des poissons d'âge 3 et d'âges 4 à 10 sont présentées dans le tableau 4. L'avis aux gestionnaires pour chaque zone de stock en 2016 est présenté dans les sections propres à chaque stock sous forme de deux ensembles de tables de décision, une pour chaque modèle d'évaluation (ME1 et ME2). Les tableaux du ME1 présentent les probabilités que la biomasse projetée du stock reproducteur avant la récolte en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le niveau correspondant à 0,25 de la BSR_0 (estimé chaque année), et que le taux de récolte dépasse les taux cibles de 20 % et de 10 % pour un éventail de prises constantes. Les tableaux du ME2 présentent les probabilités que la biomasse projetée du stock reproducteur avant la récolte en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous les seuils fixes pour chaque stock utilisés par le passé (0,25 BSR_0 en 1996), et que le taux de récolte dépasse les taux cibles de 20 % et de 10 % pour un éventail de prises constantes.

Voici un exemple de la manière de lire les tableaux des cinq zones principales de stock (HG, DPR, CC, DG, COIV) au moyen du ME1 (tableau 5, à gauche) : pour une prise de 1 700 t dans le stock d'Haida Gwaii, la probabilité estimée que le taux de récolte (U) excède le taux cible de 20 % est de 0,02 (2,0 %), le rapport entre BSR_{2016}/0,25 BSR_0 est de 2,17 et la probabilité que la BSR_{2016} < 0,25 BSR_0 est estimée à 0,04 (4 %). En fonction des hypothèses du ME2 (tableau 5, à droite), pour une prise identique de 1 700 t dans le stock d'Haida Gwaii, la probabilité estimée que le taux de récolte (U) excède le taux cible de 20 % est de 0,25 (25 %), et la probabilité que la BSR_{2016} soit inférieure au seuil fixe (10 700 t) est estimée à 0,62 (62 %).

Les tables de décision pour les stocks secondaires (zone 2W, zone 27) présentent les probabilités que le taux de récolte excède le taux cible de 10 % pour un éventail de prises constantes. Elles ne comprennent pas les mesures du rendement de la biomasse, car elles ne servent pas au calcul de la règle de contrôle pour les stocks secondaires de hareng.

Haida Gwaii

En 2015, des échantillons biologiques ont été prélevés par un navire de pêche expérimentale à la senne affrété, financé par le MPO. Le principal objectif de ce navire était de recueillir des échantillons biologiques des principales concentrations de hareng du stock principal (priorité) d'Haida Gwaii et du stock secondaire de la zone 2W, identifiés par sondage. Du 9 mars au 2 avril, le navire a recueilli des échantillons dans HG et la zone 2W. Le navire de reconnaissance du frai a été exploité du 30 mars en 17 avril, et le navire de plongée affrété l'a été du 29 mars au 21 avril. Un total de 11 échantillons biologiques ont été prélevés dans la zone de stock principale d'Haida Gwaii.

Le Haida Fisheries Program a mené les relevés par plongée du frai du hareng dans Haida Gwaii du 29 mars au 21 avril à bord du *Lasqueti Explorer*. En plus des programmes de pêche expérimentale et de collecte de données par navires affrétés, plusieurs observations générales ont été faites au cours des activités de collecte de données et sur place. La durée et l'emplacement du frai du hareng à Haida Gwaii ont été inhabituels cette année par rapport à l'an dernier. Le frai a eu lieu sur une très courte période, du 27 au 31 mars, et aucun autre épisode de frai n'a été observé par la suite. Il s'agit d'un comportement vraiment inhabituel dans Haida Gwaii, où la période de frai dure longtemps et s'étend sur différentes zones. Par rapport à l'an dernier, l'activité de frai dans la zone 02 a duré considérablement moins longtemps et a été moins intense. Le frai observé et étudié couvrait un total de 41,75 km de substrat. La faune a été moins attirée par les œufs : le plus grand groupe de lions de mer ne comptait que 5 individus, près de l'île Alder. En 2014, des groupes de plus de 50 lions de mer ont été observés à Harriet Harbour. Les opérations de levés du hareng ont aussi permis d'observer

parmi les œufs une grande quantité de ce qui ressemblait à des champignons. La matière avait une texture blanche et gélatineuse; la couche supérieure des œufs se détachait du reste lorsque la matière était agitée. Elle était surtout présente à de faibles profondeurs. Le champignon était non seulement présent parmi les œufs morts, mais aussi en plein milieu des concentrations d'œufs vivants, se propageant et entraînant la mort des œufs qu'il recouvrait. L'épaisseur des couches de frai était plus mince. En général, la récolte traditionnelle d'œufs sur varech dans la zone de stock principale a été faible, voire nulle, surtout par rapport à 2014. Dans l'ensemble de la zone, des températures plus chaudes que la normale ont été observées. Cela concorde avec les observations de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) selon lesquelles une importante anomalie d'eau chaude était constatée sur la majorité de la côte ouest de la Colombie-Britannique au début 2015.

La série chronologique des données de relevés sur le frai pour le stock principal d'Haida Gwaii semble afficher une hausse générale de 2005 à 2015 (figure 6a, tableau A.1). Cette tendance est aussi suivie par la tendance relative à la durée du frai (non illustrée). Les deux modèles d'évaluation estiment que le stock a décliné de 2013 à 2015 (figure 6d, tableau 2). Le modèle est ajusté aux plus récentes observations, mais il ne correspond pas aux observations de 2014; il estime plutôt une trajectoire à la baisse depuis 2013. Le ME1 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 23 354 t et la BSR_{2015} à 68 % (médiane) du niveau non exploité, BSR_0 (tableaux 2 et 3). Le ME2 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 11 892 t et à 44 % de BSR_0. Les tendances des estimations de la biomasse par le ME2 sont similaires à celles du ME1, mais les estimations du ME2 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) et de l'état du stock relatif à BSR_0 sont plus faibles que les estimations du ME1 (tableaux 2 et 3).

Le ME1 et le ME2 projettent tous les deux un déclin de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016. Le ME1 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 à 19 795 t, avec 21 % (médiane) de poissons d'âge 3 et 66 % (médiane) de poissons d'âge 4 et plus (tableau 4). Le ME2 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte à 10 450 t (tableau 4). Les proportions projetées de poissons d'âge 3 et 4 et de poissons plus vieux sont presque identiques si l'on utilise le ME2. Avec les deux méthodes d'évaluation, les déclins de la biomasse projetée du stock reproducteur sont attribuables à l'estimation sous la moyenne du recrutement en 2013 et en 2015 (figure 6b), de sorte qu'il ne remplace pas la biomasse perdue par la mortalité naturelle. En l'absence de pêche, le ME1 estime qu'il y a une probabilité de 2 % que le stock se situe sous le seuil de 25 % de la BSR_0 en 2016; le ME2 estime une probabilité de 52 % que le stock se situe sous le seuil fixe de 10 700 t en 2016 (tableau 5).

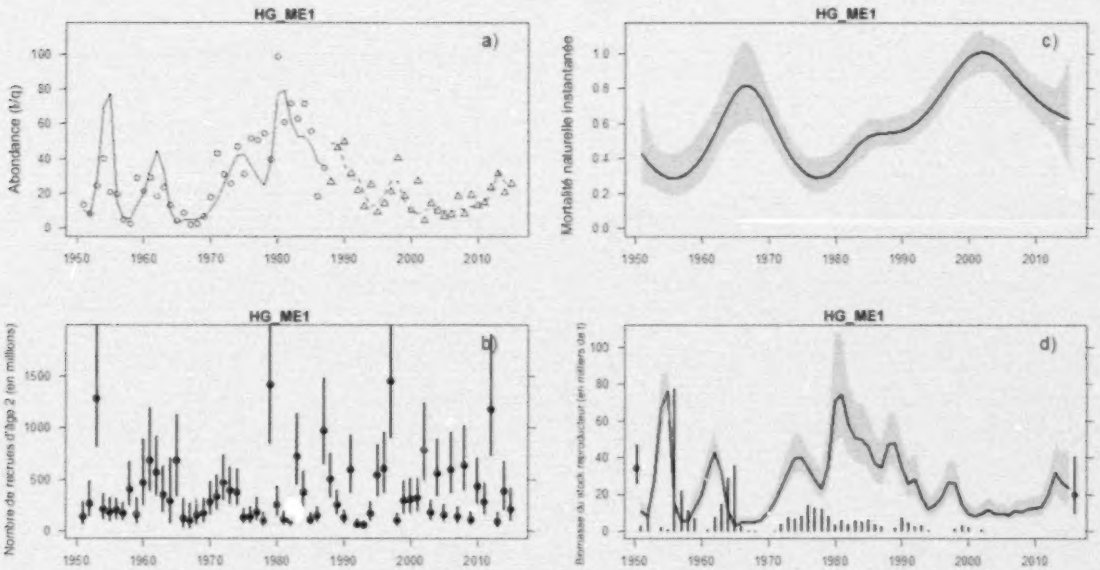

Figure 6. Résultats du modèle pour Haida Gwaii (ME1). Modèle ajusté à l'indice du frai, mis à l'échelle au moyen de q (a), estimation du recrutement (b), estimation de la mortalité naturelle (c), et estimation de la biomasse du stock reproducteur (d) pour le stock d'Haida Gwaii (ME1) de 1951 à 2015. Les cercles et les triangles vides reflètent la série chronologique des données de relevés de surface (1951-1987) et par plongée (1988-2015). La valeur des indices est expliquée au tableau A.1 en annexe. Les cercles pleins associés aux lignes verticales, et les lignes pleines entourées de rose représentent les médianes et les intervalles de crédibilité de 5-95 %. Le graphique supérieur à gauche (a) montre l'ajustement du modèle à la série chronologique de données du relevé sur le frai; le graphique inférieur à gauche (b) montre la reconstruction du nombre de recrues d'âge 2 (en millions); le graphique supérieur à droite (c) illustre la reconstruction de la mortalité naturelle instantanée; le graphique inférieur à droite (d) montre la reconstruction de la biomasse du stock reproducteur (BSR_t) pour chaque année t, avec les valeurs non exploitées (BSR_0) illustrées à l'extrême gauche (cercle plein et lignes verticales) et la biomasse projetée du stock reproducteur avant la capture en supposant qu'il n'y a aucune prise (BSR_{2016}) en utilisant le ME1 est présentée à l'extrême droite (cercle plein et lignes verticales). La série chronologique de minces lignes verticales indique des prises commerciales (à l'exception de la pêche commerciale de la rogue sur varech). Les résultats du ME1 et du ME2 montrent des tendances similaires, avec des valeurs plus faibles pour le ME2 (tableaux 2-4). Figures non incluses.

*Tableau 5. Tables de décision sur les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone d'**Haida Gwaii**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone d'HG utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche du hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans.*

*Gauche (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

*Droite (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 10 700 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

Haida Gwaii						Haida Gwaii					
Mesures de la biomasse – ME1			Mesures de la récolte – ME1			Mesures de la biomasse – ME2			Mesures de la récolte – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0,25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,25 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation >TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) $P(BSR_{2016} < 10\ 700$ t)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 10 700 t)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,02	2,30	0,00	0,00	0,00	0	0,52	0,98	0,00	0,00	0,00
500	0,03	2,26	0,00	0,00	0,03	500	0,55	0,94	0,00	0,03	0,05
820	0,03	2,24	0,00	0,02	0,04	820	0,57	0,92	0,01	0,25	0,08
1 000	0,03	2,22	0,00	0,05	0,05	1 000	0,58	0,91	0,02	0,42	0,09
1 080	0,03	2,22	0,00	0,07	0,05	1 080	0,58	0,91	0,04	0,50	0,10
1 540	0,04	2,18	0,01	0,25	0,08	1 540	0,61	0,88	0,18	0,80	0,14
1 700	0,04	2,17	0,02	0,34	0,08	1 700	0,62	0,87	0,25	0,87	0,15
2 000	0,04	2,14	0,04	0,48	0,10	2 000	0,64	0,85	0,39	0,93	0,18
2 040	0,05	2,14	0,04	0,50	0,10	2 040	0,64	0,85	0,41	0,94	0,18
2 230	0,05	2,13	0,07	0,58	0,11	2 230	0,65	0,84	0,50	0,96	0,20
3 000	0,06	2,07	0,21	0,81	0,14	3 000	0,69	0,79	0,76	0,99	0,26
3 170	0,06	2,05	0,25	0,84	0,15	3 170	0,69	0,78	0,80	0,99	0,27
4 000	0,08	1,99	0,45	0,94	0,19	4 000	0,73	0,73	0,92	1,00	0,34
4 230	0,08	1,97	0,50	0,95	0,20	4 230	0,74	0,72	0,94	1,00	0,35
6 000	0,12	1,84	0,79	0,99	0,27	6 000	0,79	0,62	0,99	1,00	0,48

District de Prince Rupert

En raison des pêches commerciales dans le DPR (2 163 t), on y a pris plus d'échantillons biologiques que dans les zones fermées adjacentes. Un total de 51 échantillons ont été traités dans le DPR : 11 échantillons de la pêche expérimentale et 40 échantillons de la pêche commerciale. Les navires affrétés de pêche commerciale ont prélevé des échantillons dans la baie Big et à Kitkala au courant des deux dernières semaines de mars. Suivant les tendances observées sur le reste de la côte, le poids moyen selon l'âge observé parmi ces échantillons soutient une tendance à la hausse du poids moyen selon l'âge du hareng (figure 1).

Un relevé par plongée de 20 jours a permis de mesurer un total de 59,8 kilomètres linéaires de frai de la fin mars à la mi-avril. Il y a eu une légère augmentation de l'indice du relevé par plongée, passant de 17 125 t en 2014 à 17 408 t en 2015 (tableau A.1). La durée totale du frai et le nombre total d'œufs pondus étaient comparables à 2014, mais la largeur moyenne du frai a diminué, passant de 123 m à 105 m, et le nombre moyen de couches d'œufs a augmenté de 0,46 à 0,49. La tendance des estimations de la biomasse de 2014 à 2015 est comparable à la valeur des indices du récent relevé par plongée (tableau A.1). Le ME1 et le ME2 estiment un recrutement relativement important de poissons d'âge 2 dans la population en 2015 (figure 7b), surtout à cause de l'information sur la composition selon l'âge, qui démontre une forte proportion d'échantillons faisant partie de cette classe d'âge. L'estimation médiane par le ME1 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 est de 20 759 t, par rapport à 17 541 t en 2014 (tableau 2). Le ME2 montre une tendance similaire à la hausse, passant de 16 521 t en 2014 à 19 728 t en 2015. L'état du stock en 2015 est estimé à 33 % (ME1) et à 32 % (ME2) du niveau non exploité (tableau 3). Le ME1 et le ME2 projettent une augmentation de la biomasse du stock reproducteur de 2014 à 2015. Les estimations médianes de la biomasse du stock reproducteur des deux méthodes d'évaluation étaient de 20 759 t et de 19 728 t en 2015, et les deux modèles projettent une hausse de la biomasse du stock reproducteur avant la récolte, avec des valeurs médianes de la BSR_{2016} de 26 580 t et de 25 530 t, respectivement (tableau 4). Les probabilités d'être sous le seuil ainsi que d'atteindre les taux de récolte établis pour un éventail de niveaux de capture dans la principale zone de stock du DPR pour le ME1 et le ME2 sont présentées au tableau 6. Au moment de comparer les prévisions du ME1 et du ME2, contrairement aux autres zones de stock, le ME1 prévoit une plus forte probabilité de tomber sous le niveau de 0,25 BSR_0 (en estimant q), et le ME2 prévoit une plus faible probabilité de tomber sous le seuil fixe de 12 100 t (q = 1) pour une proposition de capture équivalente. En l'absence de pêche, le ME1 prévoit une probabilité de 10 % que le stock de la zone du DPR se situe sous le niveau de 0,25 BSR_0, et le ME2 prévoit une probabilité de 3 % que le niveau se trouve sous le seuil fixe de 12 100 t.

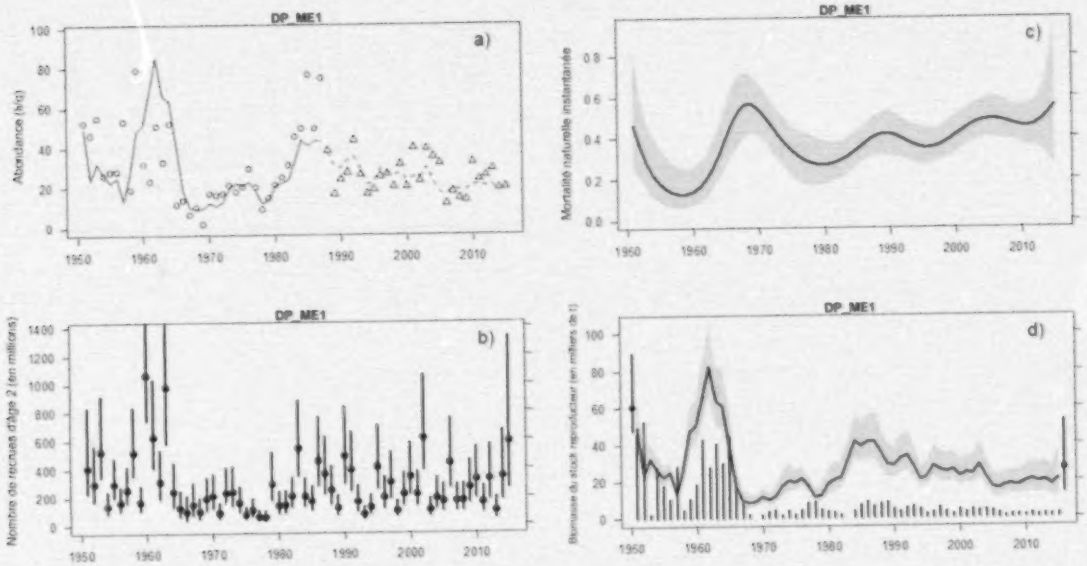

Figure 7. Résultats du modèle pour la zone du district du Prince Rupert (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6.

*Tableau 6. Tables de décision sur les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone du **district de Prince Rupert**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone du DPR utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche du hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans.*

*Gauche (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

*Droite (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 12 100 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

District de Prince Rupert						District de Prince Rupert					
	Mesures de la biomasse – ME1		Mesures de la récolte – ME1				Mesures de la biomasse – ME2		Mesures de la récolte – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0,25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,25 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) $P(BSR_{2016} < 12\ 100\ t)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 12 100 t)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,10	1,72	0,00	0,00	0,00	0	0,03	2,11	0,00	0,00	0,00
2 010	0,14	1,62	0,01	0,22	0,07	2 010	0,05	1,98	0,01	0,25	0,08
2 090	0,14	1,62	0,01	0,25	0,08	2 090	0,05	1,98	0,01	0,29	0,08
2 500	0,15	1,60	0,02	0,41	0,09	2 500	0,06	1,95	0,02	0,45	0,10
2 610	0,15	1,59	0,03	0,45	0,10	2 610	0,06	1,95	0,03	0,50	0,10
2 700	0,15	1,59	0,03	0,49	0,10	2 700	0,06	1,94	0,04	0,53	0,10
2 725	0,15	1,59	0,04	0,50	0,10	2 725	0,06	1,94	0,04	0,54	0,10
3 000	0,16	1,57	0,06	0,59	0,11	3 000	0,06	1,92	0,06	0,63	0,11
4 125	0,19	1,52	0,22	0,84	0,15	4 125	0,08	1,85	0,25	0,87	0,16
4 300	0,19	1,51	0,25	0,86	0,16	4 300	0,09	1,84	0,28	0,89	0,16
5 000	0,21	1,48	0,38	0,93	0,18	5 000	0,10	1,80	0,43	0,95	0,19
5 400	0,22	1,46	0,46	0,95	0,19	5 400	0,11	1,77	0,50	0,97	0,20
5 600	0,23	1,45	0,50	0,96	0,20	5 600	0,12	1,76	0,54	0,98	0,21
6 000	0,24	1,43	0,56	0,97	0,21	6 000	0,12	1,74	0,61	0,99	0,22
8 000	0,29	1,34	0,80	1,00	0,28	8 000	0,17	1,62	0,83	1,00	0,29

Côte centrale

La région d'évaluation des stocks de la côte centrale (CC) a été délimitée d'après une combinaison de la répartition des zones de frai et les résultats des études de marquage et des analyses génétiques. Les zones 06, 07 et 08 ont été regroupées en une zone de gestion après la période de réduction de la pêche, car une grande partie des prises de la zone de la CC provenait de chacune de ces zones à l'époque. Cependant, la zone 08 compte généralement des poissons plus petits selon l'âge et, même si une petite pêche de la rogue sur varech y est pratiquée, cette zone revêt un intérêt limité pour les secteurs de la pêche commerciale de la rogue et de la pêche pratiquée pour des usages spéciaux depuis plusieurs décennies. Au cours d'une période de 36 ans, soit de 1980 à 2015, la zone de la CC a été ouverte à la pêche pendant 30 ans. Pendant cette période, la pêche commerciale (en excluant la pêche de la rogue sur varech) a été pratiquée 3 ans dans la zone 08, avec des prises annuelles de moins de 100 t.

La zone 08 comptait autrefois environ 10 % de la biomasse évaluée de la CC, avec 91 % du frai en moyenne se produisant dans les zones 06 et 07 (moyenne de 1980-2015). L'inclusion de la zone 08 dans la zone d'évaluation de la CC est définie par l'équipe technique du MPO et de la Première Nation Heiltsuk comme étant un élément préoccupant pour les Premières Nations. Plus précisément, on se demande si le processus d'inclusion du frai de la zone 08 dans la biomasse globale du stock reproducteur de la zone de la CC a entraîné une pêche plus importante que prévue dans les zones 06 et 07 relativement à leur contribution à la biomasse globale du stock reproducteur de la zone de la CC. Une étude exhaustive de la structure du stock, y compris un examen/une réévaluation des données historiques sur le marquage et la génétique, et des différences du cycle biologique dans la zone d'évaluation de la CC irait au-delà de la portée du présent document. Toutefois, on a commencé par examiner dans quelle mesure les données disponibles sur la taille selon l'âge soutiennent encore l'inclusion de la zone 08 dans les évaluations de la zone de la CC. Les données sur la taille (poids du poisson) de la zone 08 sont toujours plus petites en moyenne que pour les poissons du même âge des zones 06 ou 07. Cette distinction du poids selon l'âge était clairement visible de 1996 à 2005 (figure 8, graphique de gauche), mais elle est devenue encore plus prononcée au cours de la dernière décennie (figure 8, graphique de droite). L'hypothèse voulant que les poissons de la zone 08 fassent partie d'un stock unique mixte de la côte centrale suppose que la répartition du poids selon l'âge dans ces trois zones statistiques serait similaire. Les données sur le poids selon l'âge indiquent que les stocks de la zone 08 seraient peut-être distincts de ceux des zones 06 et 07. Cette observation mérite un examen plus poussé. À la lumière de cette information et des tendances passées des prélèvements dans les zones 06 et 07 seulement, et parce que ces analyses ont été expressément demandées, les estimations de la biomasse du stock reproducteur et les projections d'avant la récolte, et les tables de décision du hareng de la côte centrale en 2016 font l'objet de deux scénarios : l'inclusion et l'exclusion des données de la zone 08. Ces scénarios sont intitulés CC et CC_zones 06 et 07 dans les tableaux 2 à 4, et 7 à 10.

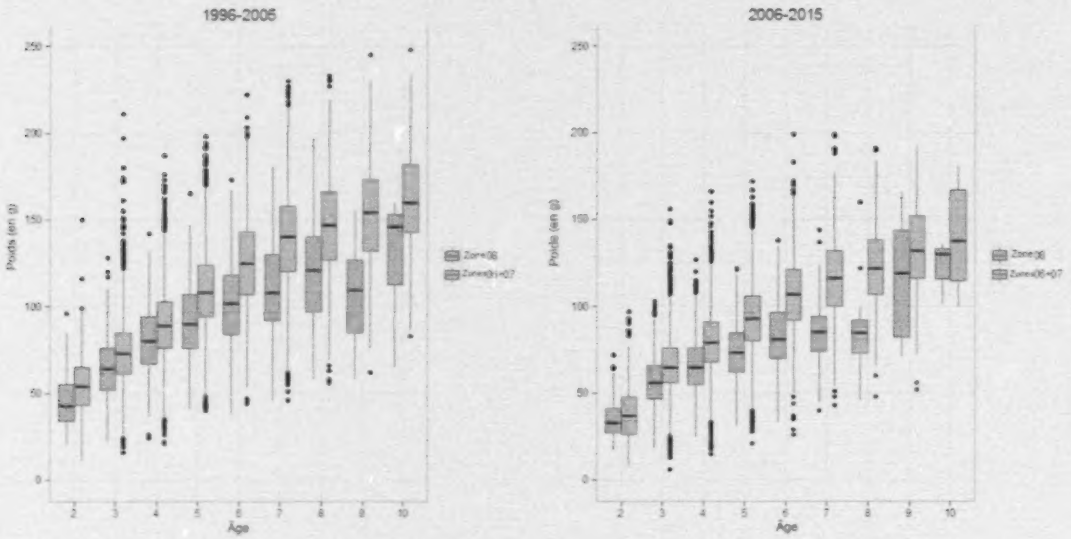

Figure 8. Distribution du poids selon l'âge du hareng de la CC par zone, de 1996 à 2005 (à gauche) et de 2006 à 2015 (à droite).

En 2015, la Première Nation Heiltsuk a exploité 3 navires de sondages hydrographiques au filet maillant pendant 14 jours chacun, et le navire de pêche *Kwiaahwah* a servi de navire de sondage et d'échantillonnage biologique en cours de saison pendant 21 jours pour identifier les zones de biomasse faible et élevée de hareng et recueillir des échantillons biologiques dans les zones 06, 07 et 08 parmi les regroupements de harengs avant la période de frai. Les projets d'évaluation des stocks de hareng de la Première Nation Heiltsuk ont été financés par le MPO au moyen d'ententes en vertu de la Stratégie relative aux pêches autochtones (SRAPA).

En 2014 et en 2015, le navire de pêche *Kwiaahwah* a prélevé des échantillons biologiques dans le cadre du programme d'évaluation des stocks du MPO et pour soutenir de nouvelles initiatives de recherche à l'Université Simon Fraser et à l'Université de la Colombie-Britannique. La zone 08 représente une petite portion de la zone de stock de la CC et, au cours des deux dernières années, un grand nombre d'échantillons y ont été prélevés. Dans le but d'assurer l'uniformité dans les calculs du poids moyen selon l'âge et du nombre selon l'âge pour le stock de la zone de la CC au fil des ans, les échantillons de la zone 08 ont été pondérés en fonction de la proportion moyenne des échantillons de cette zone pour les dix dernières années. Du 15 mars en 3 avril, le navire a recueilli 14 échantillons dans la zone de stock de la CC. Six autres échantillons ont été prélevés parmi les prises commerciales.

La récolte des pêches commerciales, ASR et de la rogue sur varech ont été mauvaises en général pour la saison 2015. Dans l'ensemble, les pêcheurs ont trouvé que le frai était très mince et que les œufs étaient particulièrement petits. Les pêcheurs de rogue sur varech ont consenti beaucoup de temps et d'efforts à placer du varech à diverses profondeurs et à divers emplacements pour tenter de reproduire les habitudes de frai, mais le succès a été mitigé. Parmi les quelques produits débarqués, certains étaient corrects, mais la majorité était de mauvaise qualité. La pêche ASR a aussi été très faible, malgré des efforts considérables, et les Autochtones locaux ont dû se tourner vers la pêche de la rogue sur varech pour compenser les mauvaises récoltes de la pêche ASR. Les observations locales confirment que l'abondance du stock reproducteur est à la hausse dans les zones comme Stryker et Waskisu, mais les

pêcheurs Heiltsuk affirment qu'il n'y a simplement pas de frai ou qu'il est sous la normale à de nombreux emplacements qui, autrefois, constituaient d'importants sites de frai. Ces sites revêtent donc un fort intérêt pour la Première Nation Heiltsuk, y compris les îles Stryker et Houghton, le cap Mark et St John's.

La saison du frai en 2015 a été inhabituelle sur plusieurs plans. Les pêcheurs Heiltsuk signalent que des poissons ont frayé à des endroits inattendus, et à une profondeur plus grande que les années précédentes. D'autres observations concernent une plus grande présence de prédateurs en général en 2015, une tendance qui se maintient depuis quelques années, ainsi que la présence d'un tapis de bactéries ou de champignons sur les œufs, d'une texture gélatineuse blanche similaire à celle observée à Haida Gwaii.

Deux navires affrétés de relevés par plongée ont été exploités dans la zone de stock de la CC; ils ont couvert un total de 163,4 kilomètres linéaires d'œufs de hareng entre le 8 mars et le 23 avril. La série chronologique de données de relevés sur le frai du stock global de la zone de la CC (zones 06, 07 et 08) a augmenté, passant de 7 592 t en 2012 à 20 359 t en 2013, puis a diminué à 13 309 t en 2014 et a remonté à 32 146 t en 2015 (tableau A.1).

Même si les récentes estimations de la biomasse ne correspondent pas précisément aux données de l'indice du frai, les deux modèles d'évaluation estiment que le stock global a augmenté depuis 2012 (figure 9d, tableau 2). Le modèle ne correspond pas exactement au plus récent indice du frai, mais il correspond à ceux de 2013 et de 2014 (figure 9a). Ces observations concordent pour tous les scénarios d'inclusion et d'exclusion des données de la zone 08. Selon le scénario de regroupement de toutes les données de la zone de la CC, les estimations médianes de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) pour le ME1 et le ME2 sont de 44 900 t et de 24 832 t, et la BSR_{2015} est estimée à 74 % et à 46 % du niveau non exploité de BSR_0 (tableaux 2 et 3). Selon le scénario d'exclusion des données de la zone 08 de l'évaluation de la zone de la CC, les estimations médianes de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) pour le ME1 et le ME2 sont de 40 981 t et de 23 126 t, et la BSR_{2015} est estimée à 75 % et à 46 % du niveau non exploité de BSR_0 (tableaux 2 et 3). Les tendances des estimations de la biomasse par le ME2 sont similaires à celles du ME1, mais les estimations du ME2 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) et de l'état du stock relatif à BSR_0 sont plus faibles que les estimations du ME1 (tableaux 2 et 3).

La biomasse projetée pour 2016 est presque identique aux estimations de la biomasse pour 2015. Cela s'applique pour le ME1 et le ME2, et ce, peu importe si la zone 08 est incluse ou exclue de la zone d'évaluation. Selon le scénario d'inclusion de toutes les données de la zone de la CC, le ME1 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 à 44 210 t, avec 24 % (médiane) de poissons d'âge 3 et 67 % (médiane) de poissons d'âge 4 et plus (tableau 4). Le ME2 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte à 25 570 t (tableau 4). Les proportions projetées de poissons d'âge 3 et 4 et de poissons plus vieux sont presque identiques si l'on utilise le ME2. Selon le scénario d'exclusion des données de la zone 08 dans l'évaluation de la zone de la CC, le ME1 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 à 40 945 t, avec 23 % (médiane) de poissons d'âge 3 et 68 % (médiane) de poissons d'âge 4 et plus (tableau 4). Le ME2 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte à 24 170 t (tableau 4). Encore une fois, les proportions projetées de poissons d'âge 3 et 4 et de poissons plus vieux sont presque identiques, que l'on utilise le ME1 ou le ME2.

Pour calculer le seuil fixe du scénario d'exclusion des données de la zone 08, les proportions du frai propres à la zone observées lors des relevés par plongée depuis 1980 ont été examinées. En moyenne, 91 % des œufs de hareng ont été observés dans les zones 06 et 07 depuis 1980, ce qui explique pourquoi le seuil fixé à cette proportion a été ajusté. En conséquence, pour le

ME2, un seuil fixe de 16 016 t a été utilisé; cela correspond à 91 % du seuil fixe de la zone de la CC utilisé de 1996 à 2011. En l'absence de pêche, le ME1 estime qu'il y a 0 % de probabilité que le stock tombe sous le seuil de 25 % BSR_0 en 2016 (pour les deux scénarios de données; tableaux 7 et 8). Le ME2 estime une probabilité de 12 % et de 16 % de tomber sous les seuils fixes de 17 600 t et de 16 016 t en 2016 (comprend et exclut la zone 08 respectivement; tableaux 7 et 8).

Les tables de décision pour le hareng de la CC comprennent un autre seuil de 0,60 de la BSR_0 et des taux de récolte de 5 %, de 10 % et de 20 %, comme l'a demandé l'équipe technique du MPO et de la Première Nation Heiltsuk. Cet autre seuil tient compte de l'inquiétude de la Première Nation Heiltsuk concernant les récoltes ASR toujours aussi mauvaises, ainsi que l'absence continue de reproducteurs à de nombreux importants sites de frai traditionnels. Une période prolongée d'abondance relativement élevée pourrait être nécessaire pour favoriser la recolonisation de ces zones. De plus, à la suite de la réunion du SCCS en mai 2015, on a demandé d'utiliser une méthodologie empirique de prévision de la biomasse, calculée comme suit :

$$\text{biomasse prévue } (BSR_{2016}) = \text{indice du frai } (I_{2015}) + \text{captures } (C_{2015})$$

À l'aide de cette méthode, la biomasse du stock reproducteur avant la récolte en 2016 est estimée à 32 772 t (zones 06, 07 et 08) ou à 30 473 t (zones 06 et 07 seulement; tableau 4). Un taux de récolte de 10 % a aussi été demandé, et l'application de ce taux de récolte donnerait un TAC de 3 277 t et de 3 047 t (comprend et exclut la zone 08 respectivement). Le rendement à long terme de ces autres méthodes de prévision et règle de décision en matière de prises est étudié dans la partie 2.

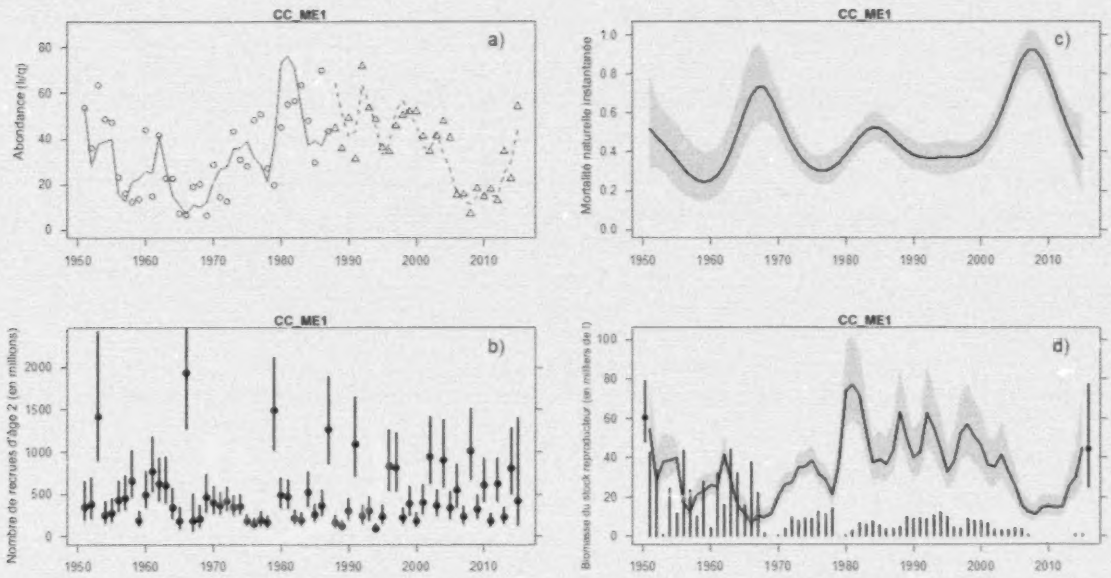

Figure 9. Résultats du modèle pour le stock global de la zone de la côte centrale (zones 06, 07 et 08) (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6. Le modèle de la zone de la côte centrale (zones 06 et 07 seulement) obtient des résultats similaires à celui du stock global (ME1 et ME2). Figures non incluses.

*Tableau 7. Tables de décision concernant les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (en haut) et du **ME2** (en bas) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone de la **côte centrale (stock global – zones 06, 07 et 08)**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone de la CC utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche du hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans. En haut (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %. En bas (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 17 600 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

Côte centrale (CC – Zones 06, 07 et 08)

	Paramètres de la biomasse – ME1				**Paramètres de la récolte – ME1**			
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 de la BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. $(BSR_{2016} / 0{,}25\ BSR_0)$	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,60 de la BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}60\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,60 de la BSR_0 Méd. $(BSR_{2016} / 0{,}60\ BSR_0)$	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 5 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,00	2,89	0,29	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
1 050	0,00	2,84	0,31	1,18	0,00	0,00	0,01	0,02
1 300	0,00	2,83	0,32	1,18	0,00	0,00	0,06	0,03
1 760	0,00	2,81	0,33	1,17	0,00	0,00	0,25	0,04
2 120	0,00	2,79	0,34	1,16	0,00	0,01	0,44	0,05
2 230	0,00	2,79	0,34	1,16	0,00	0,02	0,50	0,05
2 620	0,00	2,77	0,35	1,15	0,00	0,06	0,68	0,06
3 570	0,00	2,72	0,36	1,13	0,00	0,25	0,92	0,08
4 000	0,00	2,70	0,38	1,12	0,01	0,36	0,96	0,09
4 370	0,01	2,68	0,38	1,12	0,01	0,45	0,98	0,10
4 550	0,01	2,67	0,39	1,11	0,02	0,50	0,98	0,10
5 400	0,01	2,63	0,41	1,09	0,06	0,70	1,00	0,12
7 000	0,01	2,55	0,44	1,06	0,20	0,90	1,00	0,15
7 350	0,01	2,53	0,44	1,05	0,25	0,93	1,00	0,16
8 000	0,01	2,50	0,46	1,04	0,33	0,95	1,00	0,17
9 300	0,02	2,43	0,48	1,01	0,50	0,99	1,00	0,20
10 000	0,02	2,40	0,50	1,00	0,58	0,99	1,00	0,21
11 000	0,02	2,35	0,52	0,98	0,69	1,00	1,00	0,23

Tableau 7 (suite)

Côte centrale (CC – Zones 06, 07 et 08)

	Mesures de la biomasse – ME2				Mesures de la récolte – ME2			
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) P(BSR_{2016} < 17 600 t)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 17 600 t)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,60 de la BSR_0 en 2016) P(BSR_{2016} < 0,60 BSR_0)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,60 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,60 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 5 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,12	1,45	0,77	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00
1 050	0,15	1,41	0,79	0,77	0,00	0,00	0,25	0,04
1 300	0,15	1,40	0,80	0,76	0,00	0,01	0,50	0,05
1 760	0,16	1,38	0,81	0,75	0,00	0,10	0,84	0,07
2 120	0,18	1,36	0,81	0,74	0,00	0,25	0,95	0,08
2 230	0,18	1,36	0,82	0,74	0,00	0,30	0,96	0,09
2 620	0,19	1,34	0,82	0,73	0,01	0,50	0,99	0,10
3 570	0,23	1,30	0,84	0,71	0,09	0,84	1,00	0,13
4 000	0,24	1,29	0,85	0,70	0,16	0,92	1,00	0,15
4 370	0,26	1,27	0,85	0,69	0,25	0,95	1,00	0,16
4 550	0,26	1,26	0,86	0,69	0,29	0,96	1,00	0,17
5 400	0,29	1,23	0,87	0,67	0,50	0,99	1,00	0,20
7 000	0,35	1,16	0,89	0,63	0,80	1,00	1,00	0,26
7 350	0,36	1,15	0,90	0,63	0,84	1,00	1,00	0,27
8 000	0,39	1,12	0,90	0,61	0,90	1,00	1,00	0,29
9 300	0,43	1,07	0,92	0,58	0,96	1,00	1,00	0,33
10 000	0,46	1,04	0,92	0,57	0,98	1,00	1,00	0,35
11 000	0,50	1,00	0,93	0,54	0,99	1,00	1,00	0,38

*Tableau 8. Tables de décision concernant les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (en haut) et du **ME2** (en bas) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone de la **côte centrale (zones 06 et 07 seulement)**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone de la CC utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche du hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans. En haut (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %. En bas (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 16 016 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

Côte centrale (CC – Zones 06 et 07 seulement)

	Paramètres de la biomasse – ME1				**Paramètres de la récolte – ME1**			
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 de la BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. $(BSR_{2016} / 0{,}25\ BSR_0)$	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,60 de la BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}60\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,60 de la BSR_0 Méd. $(BSR_{2016} / 0{,}60\ BSR_0)$	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 5 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,00	3,01	0,26	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00
990	0,00	2,95	0,28	1,23	0,00	0,00	0,02	0,02
1 220	0,00	2,94	0,28	1,23	0,00	0,00	0,07	0,03
1 650	0,00	2,92	0,29	1,22	0,00	0,00	0,25	0,04
2 000	0,00	2,90	0,30	1,21	0,00	0,02	0,46	0,05
2 070	0,00	2,89	0,30	1,21	0,00	0,02	0,50	0,05
2 480	0,00	2,87	0,30	1,20	0,00	0,07	0,70	0,06
3 350	0,00	2,82	0,33	1,18	0,00	0,25	0,91	0,08
4 150	0,00	2,78	0,34	1,16	0,02	0,49	0,98	0,10
4 200	0,00	2,77	0,34	1,16	0,02	0,50	0,98	0,10
5 100	0,01	2,72	0,36	1,14	0,07	0,71	0,99	0,12
6 000	0,01	2,68	0,38	1,11	0,14	0,85	1,00	0,14
6 900	0,01	2,63	0,41	1,09	0,25	0,92	1,00	0,16
7 000	0,01	2,62	0,41	1,09	0,27	0,93	1,00	0,16
8 000	0,02	2,56	0,43	1,07	0,41	0,97	1,00	0,19
8 650	0,02	2,53	0,45	1,05	0,50	0,98	1,00	0,20
9 000	0,02	2,51	0,45	1,05	0,55	0,99	1,00	0,21
10 000	0,02	2,45	0,48	1,02	0,67	0,99	1,00	0,23

Tableau 8 (suite)

Côte centrale (CC – Zones 06 et 07 seulement)

	Mesures de la biomasse – ME2				Mesures de la récolte – ME2			
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) P(BSR_{2016} < 16 016 t)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 16 016 t)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,60 de la BSR_0 en 2016) P(BSR_{2016} < 0,60 BSR_0)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,60 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,60 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 5 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,16	1,37	0,76	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
990	0,19	1,33	0,78	0,78	0,00	0,00	0,25	0,04
1 220	0,20	1,32	0,79	0,77	0,00	0,01	0,50	0,05
1 650	0,21	1,30	0,80	0,76	0,00	0,09	0,83	0,07
2 000	0,23	1,29	0,81	0,75	0,00	0,25	0,94	0,08
2 070	0,23	1,28	0,81	0,75	0,00	0,28	0,96	0,08
2 480	0,24	1,27	0,82	0,74	0,01	0,50	0,99	0,10
3 350	0,27	1,23	0,84	0,72	0,08	0,84	1,00	0,13
4 150	0,31	1,20	0,85	0,70	0,25	0,95	1,00	0,16
4 200	0,31	1,19	0,85	0,70	0,27	0,96	1,00	0,17
5 100	0,35	1,16	0,87	0,67	0,50	0,99	1,00	0,20
6 000	0,39	1,12	0,88	0,65	0,71	1,00	1,00	0,23
6 900	0,42	1,08	0,89	0,63	0,84	1,00	1,00	0,27
7 000	0,43	1,08	0,89	0,63	0,85	1,00	1,00	0,27
8 000	0,46	1,03	0,90	0,60	0,93	1,00	1,00	0,31
8 650	0,49	1,01	0,91	0,59	0,96	1,00	1,00	0,33
9 000	0,50	0,99	0,91	0,58	0,97	1,00	1,00	0,34
10 000	0,54	0,95	0,92	0,55	0,98	1,00	1,00	0,37

Détroit de Georgie

Au total, 158 échantillons ont été traités en 2015; ils ont été prélevés dans le cadre de la pêche commerciale du hareng (saison 2014-2015) et du programme de pêche expérimentale par navire affrété (mars-avril 2015). Cela comprend des échantillons commerciaux de la pêche du hareng rogué à la senne (37), de la pêche du hareng rogué au filet maillant (36), de la pêche pour consommation et hareng-appât (37), la pêche pour utilisation spéciale (10), et les programmes de pêche expérimentale par navire affrété (27) et financés par l'industrie (11). Les échantillons en double n'ont pas été traités. Les équipes de relevés par plongée ont mesuré un total de 166,8 kilomètres linéaires d'œufs de hareng, du 24 février à la mi-avril.

Les deux évaluations estiment que le stock a augmenté de 2014 à 2015 (figure 10d). L'indice du frai a diminué, passant de 120 468 t en 2014 à 104 481 t en 2015 (tableau A.1). Les modèles correspondent aux plus récentes observations, mais pas à celles de 2014 ni de 2002-2005 (figure 10a). Les deux modèles estiment une trajectoire à la hausse depuis 2010. Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 174 687 t et à 92 511 t (tableaux 2 et 3). L'état du stock en 2015 est estimé à 122 % (ME1) et à 78 % (ME2) du niveau non exploité (tableau 3). Les tendances des estimations de la biomasse par le ME2 sont similaires à celles du ME1, mais les estimations du ME2 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) et de l'état du stock relatif à la BSR_0 sont plus faibles que les estimations du ME1 (tableaux 2 et 3).

Le ME1 et le ME2 projettent tous les deux une hausse de la biomasse médiane projetée du stock reproducteur en 2016. Le ME1 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 à 217 800 t, avec 46 % (médiane) de poissons d'âge 3 et 46 % (médiane) de poissons d'âge 4 et plus (tableau 4). Le ME2 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte à 123 000 t (tableau 4). Les proportions projetées de poissons d'âge 3 et 4 et de poissons plus vieux sont presque identiques si l'on utilise le ME2 (en supposant que $q = 1$). La trajectoire à la hausse de la biomasse du stock reproducteur et des projections pour 2016 découle de la trajectoire à la hausse du modèle ajustée à l'indice du frai depuis 2010 (figure 10a) et des deux modèles qui estiment un recrutement supérieur à la normale des poissons d'âge 2 en 2013-2015 (figure 10b).

En l'absence de pêche, le ME1 estime qu'il y a une probabilité de 0 % que le stock soit inférieur au seuil de 25 % de la BSR_0 en 2016, et le ME2 estime une probabilité de 0 % que le stock se situe sous le seuil fixe de 21 200 t en 2016 (tableau 9).

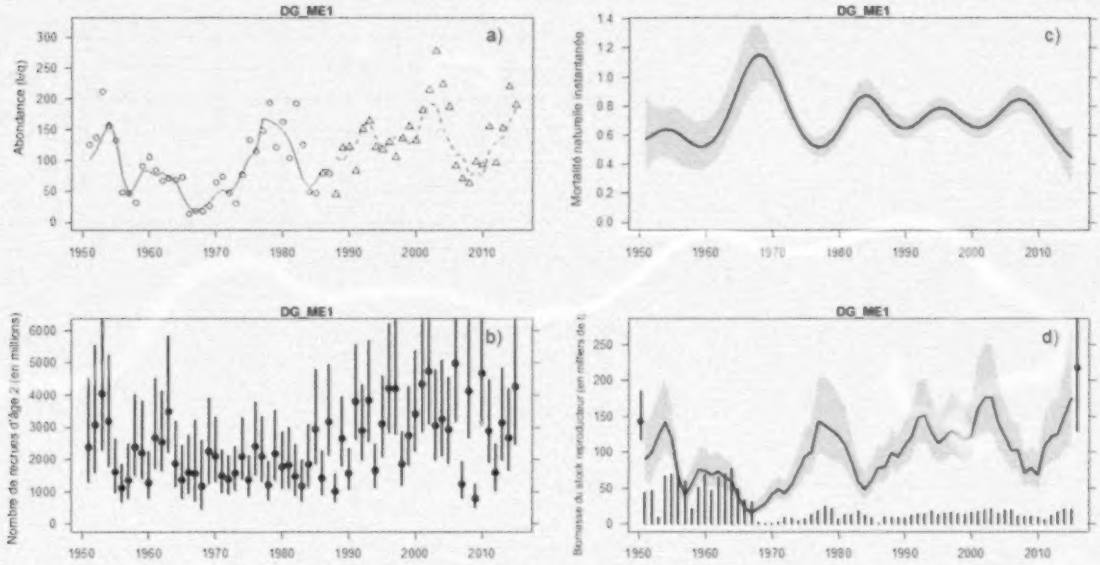

Figure 10. Résultats du modèle pour la zone du détroit de Georgie (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6.

*Tableau 9. Tables de décision concernant les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone du **détroit de Georgie**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour le détroit de Georgie prévoient une allocation de 50 % du total autorisé des captures pour les pêches de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, de 30 % pour la pêche du hareng rogué à la senne et de 20 % pour la pêche du hareng rogué au filet maillant.*

*Gauche (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

*Droite (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 21 200 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

Détroit de Georgie						Détroit de Georgie					
	Mesures de la biomasse – ME1		Mesures de la récolte – ME1				Mesures de la biomasse – ME2		Mesures de la récolte – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,25 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) $P(BSR_{2016} < 21\ 200$ t)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 21 200 t)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,00	6,06	0,00	0,00	0,00	0	0,00	5,80	0,00	0,00	0,00
10 000	0,00	5,86	0,00	0,01	0,05	10 000	0,00	5,45	0,00	0,18	0,08
10 600	0,00	5,85	0,00	0,01	0,05	10 600	0,00	5,43	0,00	0,25	0,08
12 600	0,00	5,81	0,00	0,04	0,06	12 600	0,00	5,36	0,00	0,50	0,10
17 000	0,00	5,73	0,00	0,18	0,08	17 000	0,00	5,21	0,05	0,89	0,13
18 250	0,00	5,70	0,00	0,25	0,08	18 250	0,00	5,16	0,09	0,94	0,14
21 800	0,00	5,64	0,01	0,46	0,10	21 800	0,00	5,04	0,25	0,99	0,17
22 500	0,00	5,63	0,01	0,50	0,10	22 500	0,00	5,01	0,28	1,00	0,17
25 000	0,00	5,58	0,03	0,64	0,11	25 000	0,00	4,92	0,44	1,00	0,19
25 900	0,00	5,56	0,03	0,68	0,11	25 900	0,00	4,89	0,50	1,00	0,20
30 000	0,00	5,47	0,08	0,84	0,13	30 000	0,00	4,75	0,72	1,00	0,23
38 000	0,00	5,32	0,25	0,96	0,17	38 000	0,00	4,48	0,94	1,00	0,29
40 000	0,00	5,28	0,32	0,97	0,17	40 000	0,00	4,41	0,97	1,00	0,30
46 500	0,00	5,15	0,50	0,99	0,20	46 500	0,00	4,19	1,00	1,00	0,34
50 000	0,00	5,09	0,60	1,00	0,21	50 000	0,00	4,07	1,00	1,00	0,37

Côte ouest de l'île de Vancouver

En 2015, des échantillons biologiques ont été prélevés dans le cadre d'un programme de pêche expérimentale à la senne par navire affrété, financé par le MPO. Le principal objectif de ce navire était de recueillir des échantillons biologiques parmi les principales concentrations de hareng des zones 23, 24 et 25, identifiées par sondage (de la fin février à avril 2015). Au total, 17 échantillons biologiques ont été prélevés et traités dans le cadre du programme d'échantillonnage par pêche expérimentale. Trois autres échantillons biologiques ont été recueillis dans le cadre d'un programme pilote d'échantillonnage du programme sur les pêches du Conseil tribal de Nuu-chah-nulth.

De plus, les pêcheurs Nuu-chah-nulth et d'autres personnes de la localité ont fait plusieurs observations relatives au hareng de la COIV en 2015. Un printemps précoce et chaud aux conditions météorologiques clémentes a favorisé dans la région de la COIV, une activité de frai précoce par rapport à la normale (fin février, début mars). Les pêcheurs Nuu-chah-nulth ont installé des troncs d'arbre entiers et des rideaux de branches pour recueillir les œufs de hareng sur les branches maîtresses. Les troncs et les branches maîtresses ont été installés aux sites de frai habituels du hareng et aux sites de frai actifs de la baie Barkley (zone 23), la baie Clayoquot (zone 24), la baie Nootka, le bras de mer Esperanza, Nuchalitz (zone 25), et la baie Kyuquot (zone 26, qui se situe en dehors de la zone d'évaluation du MPO pour le hareng de la COIV). À l'exception d'une petite activité de frai à l'extrémité sud de l'île Flores, et d'une activité de frai intense, mais de faible envergure dans la baie Kyuquot (zone 26), les pêcheurs Nuu-chah-nulth n'ont pas pu prélever d'œufs de hareng sur les branches maîtresses en 2015. Les troncs et les branches maîtresses installés à d'autres sites étaient dépourvus d'œufs, ou ils comportaient si peu d'œufs de hareng que ces derniers ont été laissés sur place. (Au minimum, quatre à six couches d'œufs sont nécessaires pour qu'il y ait suffisamment d'œufs à recueillir sur les branches.) À la saison printanière de frai du hareng en 2015, les pêcheurs Nuu-chah-nulth, les travailleurs du transport maritime (conducteurs de bateaux-taxis, de barges, etc.) et d'autres navigateurs ont signalé quelques observations de frai actif du hareng ou de vie marine y étant associée dans les zones 23, 24 et 25. De courtes périodes de frai de faible envergure ont été observées. Les observations des entrepreneurs de « reconnaissance du frai » envoyés par le MPO dans les zones 23, 24 et 25 concordaient avec les observations des pêcheurs Nuu-chah-nulth. Dans l'ensemble, les périodes de frai du hareng dans la région de la COIV en 2015 ont eu lieu sur de courtes périodes et dans de petites zones, et les couches d'œufs ont été peu nombreuses. Sept navires et titulaires de permis de pêche commerciale à la senne, travaillant avec l'information obtenue auprès des navires de pêche expérimentale du MPO, ont tenté une récolte commerciale acceptable de hareng rogué en 2015, mais ils n'ont pas réussi à en trouver en quantité ou de qualité suffisante obtenir une récolte satisfaisante au moment de leur arrivée sur la COIV. Les pêcheurs Nuu-chah-nulth ont mentionné que la température de la surface de la mer était nettement plus chaude que d'ordinaire au cours de la saison de pêche au hareng de 2015.

Les Premières Nations Maa-nulth, Hesquiat et Nuchatlaht ont exploité des navires de reconnaissance du frai (patrouilleurs affrétés) dans les zones 23, 24 et 25. Les navires devaient identifier des bancs de harengs avant le frai dans leur territoire, et transmettre cette information chaque jour au gestionnaire des ressources de la COIV. Dans certains cas, les navires de reconnaissance ont pu mener des relevés de surface dans les zones où ne pouvait se rendre l'équipe de plongée sous contrat. Les navires de reconnaissance du frai exploités par les Premières Nations font partie du programme d'évaluation de la COIV depuis 2007. Les événements de frai signalés par les navires de reconnaissance du frai et les vols d'observation

du frai (environ 2 vols par semaine) ont permis de diriger les équipes de plongeurs. Les relevés par plongée ont couvert un total de 20,25 kilomètres linéaires d'œufs de hareng.

La série chronologique des données de relevé sur le frai a diminué, passant de 13 937 t en 2014 à 11 323 t en 2015 (tableau A.1). Il y a eu un déclin de la durée totale du frai et une augmentation de la largeur moyenne du frai, et le nombre moyen de couches d'œufs a diminué en 2014 et en 2015 (non illustré).

Le ME1 estime la biomasse médiane du stock reproducteur (BSR_{2015}) à 25 338 t, et la BSR_{2015} est estimée à 44 % (médiane) du niveau non exploité BSR_0. Le ME2 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 12 708 t et à 28 % de la BSR_0 (tableau 3). Bien qu'il y ait de faibles augmentations des estimations médianes du stock reproducteur de 2014 à 2015, l'ampleur absolue des augmentations est faible, et l'incertitude liée aux estimations est grande (tableau 2). Le ME1 et le ME2 ont été adaptés à la valeur de l'indice du relevé sur le frai de 2015, mais ils ajustent à la baisse les valeurs de 2013 et de 2014, ce qui explique comment un modèle peut estimer un stock qui semble à la hausse, même si les plus récentes données sur l'indice du frai indiquent un déclin au cours de la dernière année (figures 11a, d). Le ME1 et le ME2 estiment un recrutement supérieur à la moyenne des poissons d'âge 2 en 2015, par rapport aux années précédentes et à l'estimation médiane apparente de la mortalité naturelle qui a augmenté, passant de 0,71 en 2013 à 0,82 en 2015 (ME1, figures 11b, c) ou de 0,68 à 0,76 (ME2, non illustré).

En ce qui concerne les différences entre le ME1 et le ME2, les estimations de la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, il y a d'importances différences dans les probabilités de se situer sous les seuils estimés et fixes. Le ME1 projette la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 à 34 450 t, avec 57 % (médiane) de poissons d'âge 3 et 28 % (médiane) de poissons d'âge 4 et plus (tableau 4). Le ME2 projette une biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte de 17 830 t (tableau 4) avec des proportions projetées de poissons d'âge 3 et 4 et de poissons plus vieux presque identiques aux résultats du ME1 (en supposant que $q = 1$). Une fois que les effets des estimations de la biomasse projetée pour chacun des modèles d'évaluation des stocks sont propagés au moyen de la probabilité de tomber sous les seuils estimés ou fixes, les résultats du ME1 indiquent une probabilité de 1 % que le stock se situe sous l'estimation de 0,25 de la BSR_0, tandis que les résultats du ME2 suggèrent une probabilité de 56 % de tomber sous le seuil fixe de 18 800 t (tableau 10). Les probabilités d'être sous le seuil, et d'atteindre les taux de récolte établis pour une fourchette de niveaux de capture dans les principales zones de stock de la COIV sont présentées au tableau 10.

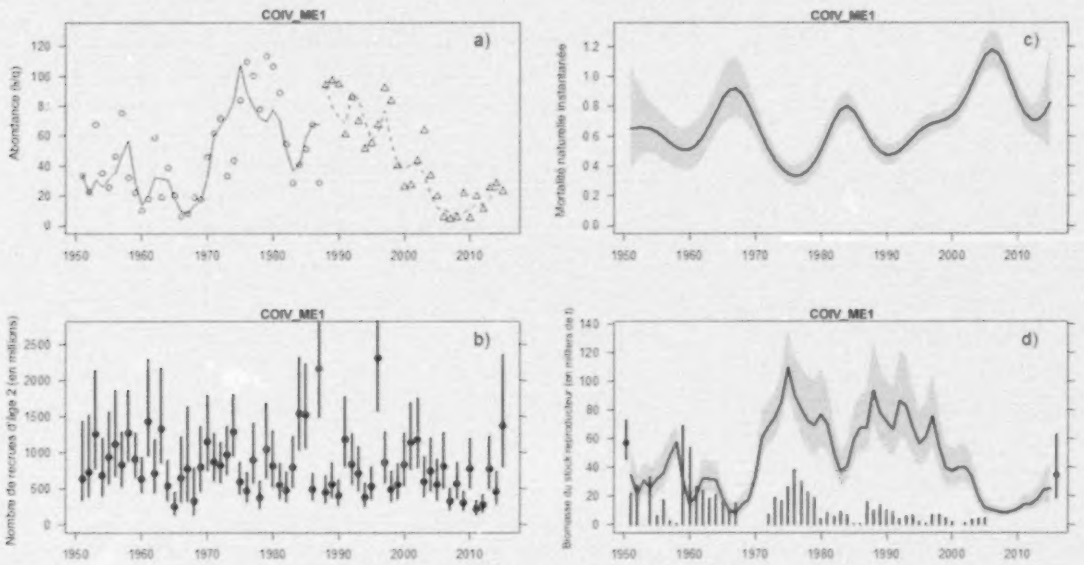

Figure 11. Résultats du modèle pour la côte ouest de l'île de Vancouver (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6.

*Tableau 10. Tables de décision sur les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour la zone de la **côte ouest de l'île de Vancouver**. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone de la COIV utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche au hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans.*

*Gauche (**ME1**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) soit inférieure à 0,25 de la BSR_0, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

*Droite (**ME2**) : Les valeurs correspondent aux probabilités, pour chaque TAC, que la biomasse du stock reproducteur après la capture en 2016 (BSR_{2016}) tombe sous le seuil fixe de 18 800 t, et que le taux de récolte (TR) soit plus élevé que 20 % ou 10 %.*

Côte ouest de l'île de Vancouver (COIV)						Côte ouest de l'île de Vancouver (COIV)					
	Mesures de la biomasse – ME1		Mesures de la récolte – ME1				Mesures de la biomasse – ME2		Mesures de la récolte – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure à 0,25 BSR_0 en 2016) $P(BSR_{2016} < 0{,}25\ BSR_0)$	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport à 0,25 de la BSR_0 Méd. (BSR_{2016} / 0,25 BSR_0)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (la biomasse après la récolte est inférieure au seuil en 2016) $P(BSR_{2016} < 18\ 800$ t)	Rapport médian de la biomasse projetée après la récolte par rapport au seuil Méd. (BSR_{2016} / 18 800 t)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 20 %)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,01	2,40	0,00	0,00	0,00	0	0,56	0,95	0,00	0,00	0,00
1 000	0,01	2,36	0,00	0,00	0,03	1 000	0,60	0,92	0,00	0,04	0,05
1 480	0,01	2,34	0,00	0,01	0,04	1 480	0,61	0,90	0,00	0,25	0,08
1 850	0,01	2,32	0,00	0,04	0,05	1 850	0,62	0,89	0,02	0,50	0,10
2 800	0,02	2,28	0,01	0,25	0,08	2 800	0,66	0,86	0,16	0,88	0,15
3 100	0,02	2,27	0,01	0,35	0,09	3 100	0,66	0,85	0,25	0,93	0,16
3 600	0,02	2,25	0,02	0,50	0,10	3 600	0,68	0,83	0,42	0,97	0,19
3 850	0,02	2,24	0,04	0,58	0,11	3 850	0,69	0,82	0,50	0,98	0,20
4 000	0,02	2,23	0,05	0,62	0,11	4 000	0,69	0,82	0,54	0,99	0,21
5 000	0,02	2,19	0,14	0,82	0,14	5 000	0,72	0,79	0,77	1,00	0,25
5 850	0,03	2,15	0,25	0,91	0,16	5 850	0,75	0,76	0,88	1,00	0,29
6 000	0,03	2,15	0,28	0,92	0,16	6 000	0,75	0,75	0,90	1,00	0,30
7 500	0,04	2,08	0,50	0,98	0,20	7 500	0,79	0,71	0,97	1,00	0,36
8 000	0,04	2,06	0,58	0,98	0,21	8 000	0,80	0,69	0,98	1,00	0,38
8 500	0,05	2,04	0,64	0,99	0,23	8 500	0,81	0,68	0,99	1,00	0,40

Zone 2W

Des données du relevé sur le frai dans la zone 2W sont recueillies depuis 1978, mais il n'y a aucune observation relative au relevé sur le frai pour 1995-1997 et 1999 en raison du manque de ressources disponibles, ni en 2015 à cause des conditions météorologiques. La majorité des observations relatives au relevé dans la zone 2W proviennent de relevé à la surface; c'est pourquoi les données du relevé sont traitées comme une seule série chronologique (avec une seule valeur de *q*). L'indice du frai a diminué, passant de 2 871 t en 2009 à 1 386 t en 2014 (tableau A.1). Les échantillons biologiques dans la zone 2W sont prélevés dans le cadre de la pêche commerciale de la rogue sur varech et du programme de pêche expérimentale par navire affrété. Quatre échantillons ont été prélevés par navire affrété en 2015.

Les deux modèles d'évaluation estiment que la biomasse du stock reproducteur est stable, la biomasse médiane ayant varié de 3 260 t à 4 004 t (ME1) et de 1 428 t à 1 715 t (ME2) de 2011 à 2015 (tableau 2). Les deux modèles sont ajustés aux observations de 2014 et ajustent à la baisse les observations de 2006-2013 (figure 12a); ils estiment une trajectoire à la baisse avec un degré élevé d'incertitude (figure 12d). Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 3 260 t et à 1 428 t, et l'état du stock (BSR_{2015}) par rapport au niveau non exploité (BSR_0) est estimé à 101 % et à 72 % (valeurs médianes; tableaux 2 et 3). Les tendances des estimations de la biomasse par le ME2 sont similaires à celles du ME1, mais les estimations du ME2 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) et de l'état du stock relatif à BSR_0 sont plus faibles que les estimations du ME1 (tableaux 2 et 3). Les deux modèles projettent une baisse de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016, le ME1 et le ME2 prévoyant une BSR_{2016} de 2 834 t et de 1 255 t respectivement (tableau 4).

Les tableaux de décision de la zone 2W présentent la probabilité que les niveaux de capture excèdent le taux de récolte de 10 % (tableau 11). Aucun seuil n'est mis en place dans la procédure de gestion pour cette zone de stock secondaire.

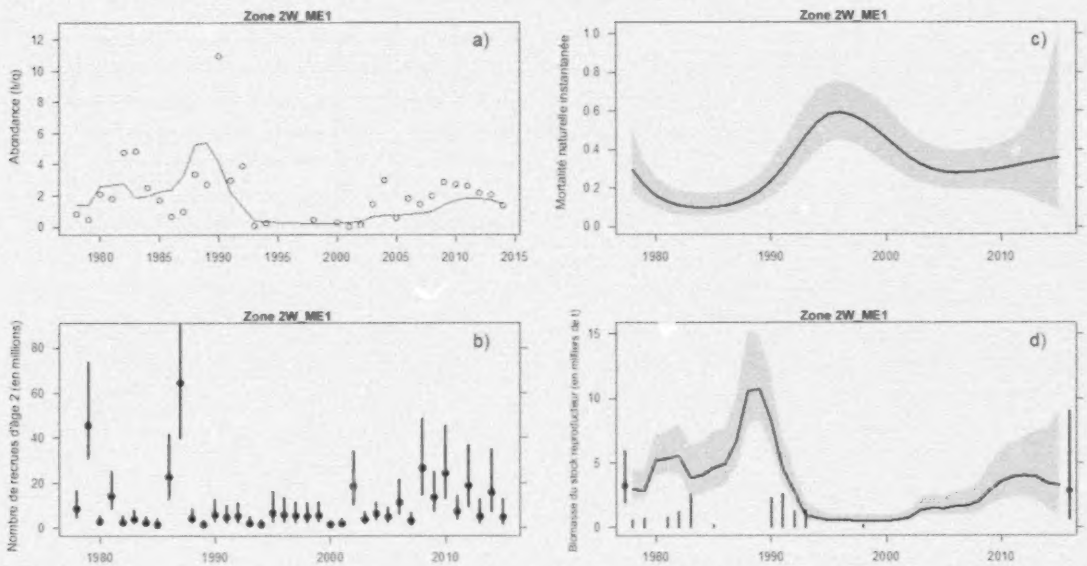

Figure 12. Résultats du modèle pour la zone 2W (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6.

*Tableau 11. Tables de décision sur les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour le stock secondaire de la **zone 2W** d'Haida Gwaii. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone 2W utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche au hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans.*

Zone 2W – ME1			Zone 2W – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
50	0,03	0,02	50	0,16	0,04
70	0,06	0,02	70	0,25	0,06
100	0,11	0,04	100	0,38	0,08
127	0,17	0,04	127	0,50	0,10
164	0,25	0,06	164	0,62	0,13
200	0,33	0,07	200	0,71	0,15
290	0,50	0,10	290	0,86	0,22
300	0,52	0,10	300	0,87	0,23
400	0,65	0,14	400	0,94	0,30
500	0,76	0,17	500	0,98	0,37
600	0,83	0,20	600	0,99	0,44

Zone 27

Des données de relevés sur le frai sont recueillies régulièrement dans la zone 27 depuis 1978. En 2015, l'équipe de plongée basée à terre a réalisé un relevé du frai du hareng. L'indice du frai est à la hausse depuis 2011 (547 t) et est passé de 1 307 t en 2014 à 2 169 t en 2015 (tableau A.1). Au cours des dernières années, des échantillons biologiques ont été prélevés dans la zone 27 dans le cadre des activités de pêche commerciale de la rogue sur varech seulement (pas d'échantillons de pêche expérimentale par navire affrété) et, en 2014 et en 2015, les possibilités de pêche de la rogue sur varech n'ont pas été exploitées dans la zone 27.

Les deux évaluations estiment que le stock a augmenté de 2012 à 2015 (tableau 2). On observe un certain écart dans l'indice du frai de 2000 à 2015, et les deux modèles restituent la majorité de ces données de relevé (figure 13a). Les deux modèles estiment une trajectoire à la hausse depuis 2012 (figure 13d). Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 2 176 t et à 1 738 t, et la BSR_{2015} est estimée à 99 % et à 95 % de la BSR_0 (tableaux 2 et 3). La tendance des estimations de la biomasse par le ME2 est similaire à celles du ME1, mais les estimations du ME2 de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) et de l'état du stock relatif à la BSR_0 sont plus faibles que les estimations du ME1 (tableaux 2 et 3). Les deux modèles projettent une diminution de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016, le ME1 et le ME2 prévoyant une biomasse médiane de 2 348 t et de 1 885 t respectivement (tableau 4).

Les tables de décision de la zone 27 indiquent une probabilité que les niveaux de capture excèdent le taux de récolte de 10 % (tableau 12). Aucun seuil n'est mis en place dans la procédure de gestion pour cette zone de stock secondaire.

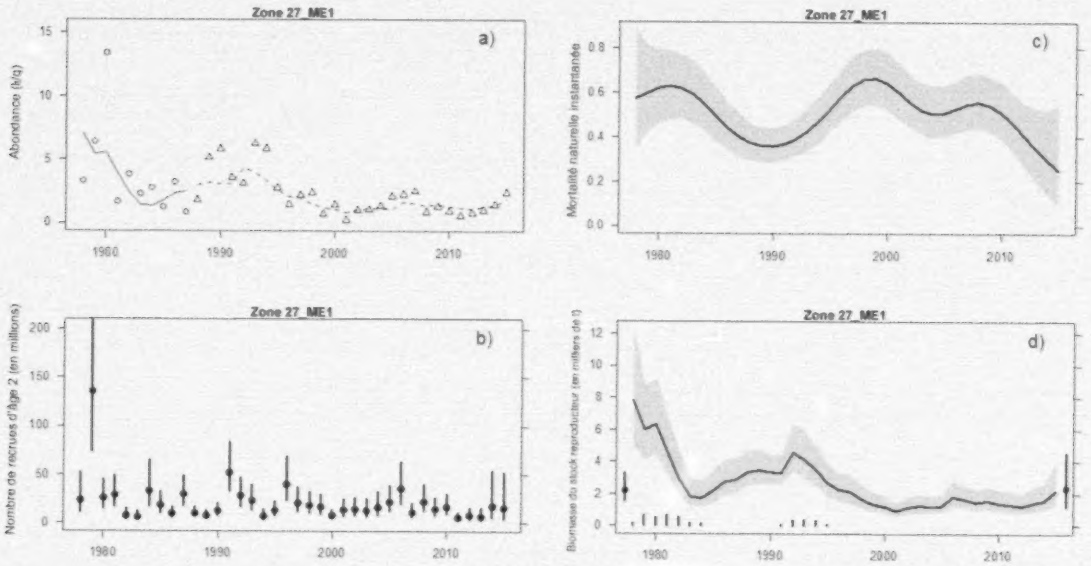

Figure 13. Résultats du modèle pour la zone 27 (ME1). Voir la description détaillée à la figure 6.

*Tableau 12. Tables de décision sur les paramètres de la récolte et de la biomasse tirés du **ME1** (à gauche) et du **ME2** (à droite) pour la biomasse projetée du stock reproducteur en 2016, en fonction d'une fourchette de TAC (en tonnes) pour le stock secondaire de la **zone 27** de la côte ouest de l'île de Vancouver. Les probabilités sont estimées à l'aide des proportions des échantillons dérivés de la méthode de MCCM pour lesquels les critères donnés sont maintenus. Les projections sur un an pour la zone 27 utilisent des ratios d'allocation des prises pour chacune des trois pêches (pêche au hareng de consommation et pour le marché des appâts/pour des usages spéciaux, et pêches du hareng rogué à la senne et au filet maillant) d'après les prises moyennes historiques sur 20 ans.*

Zone 27 – ME1			Zone 27 – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
100	0,01	0,04	100	0,03	0,05
150	0,12	0,06	150	0,22	0,08
155	0,13	0,07	155	0,25	0,08
160	0,15	0,07	160	0,28	0,08
170	0,19	0,07	170	0,35	0,09
180	0,24	0,08	180	0,41	0,09
192	0,29	0,08	192	0,50	0,10
200	0,33	0,08	200	0,55	0,10
210	0,37	0,09	210	0,61	0,11

Zone 27 – ME1			Zone 27 – ME2		
TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)	TAC (en tonnes métriques)	Prob. (taux d'exploitation > TR cible) P(U'2016 > 10 %)	Taux médian d'exploitation Méd. (U'2016)
220	0,41	0,09	220	0,66	0,11
230	0,46	0,10	230	0,70	0,12
240	0,50	0,10	240	0,75	0,12
250	0,54	0,10	250	0,78	0,13

PARTIE 2 : Essais par simulation d'autres procédures de gestion des pêches du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique

Méthodes

La partie 1 de la présente réponse des Sciences a fourni un avis sur les prises de la pêche du hareng sous la forme de deux tables de décision pour chacune des cinq principales pêches du hareng. Ces tableaux, l'un préparé au moyen du modèle d'évaluation actuel (ME1) et l'autre servant à estimer l'approche historique (ME2), diffèrent surtout sur les points suivants :

(1) l'hypothèse du paramètre de mise à l'échelle (q) du relevé par plongée sous-tendant la composante statistique des prises selon l'âge du modèle de chaque procédure;

(2) le seuil choisi.

Pour certains stocks de hareng, les compromis rendement-risques des autres tables de décision diffèrent radicalement, ce qui préoccupe les gestionnaires des pêches, les Premières Nations et d'autres intervenants. Depuis 2012, on a obtenu peu de données scientifiques pour illustrer les conséquences découlant de la sélection du ME1 ou du ME2 à des fins décisionnelles.

Cette partie de la réponse des Sciences utilise une approche par simulation en boucle fermée (Cox *et al.* 2015, en cours de rédaction[2]) pour évaluer les éventuelles conséquences de l'adoption de la procédure de gestion actuelle (seuil et q estimée [PG1]) ou de la procédure de gestion historique (seuil fixe et q = 1 [PG2]). Plus particulièrement, cette analyse démontre deux résultats :

(1) la manière dont le rendement futur et le risque lié à la conservation seront touchés si la PG1 ou la PG2 est appliquée;

(2) le rendement attendu et le rendement des activités de conservation de chaque PG, en moyenne au-delà de l'incertitude à laquelle l'hypothèse du paramètre de mise à l'échelle (q) du relevé du frai est réellement appropriée.

Les résultats examinés sur une période de 20 ans indiquent que la PG1 maintient en général une plus faible biomasse par rapport au niveau non exploité et un niveau de capture plus élevé que l'estimation de la PG2. La PG1 affiche aussi une probabilité plus élevée d'excéder n'importe lequel des points de référence limite (PRL) envisagés. Les différences relatives se maintiennent lorsqu'elles sont calculées sur une période à court terme (5 ans), mais le rendement de chaque PG en ce qui concerne les PRL s'améliore pour cette échelle à court terme.

[2] Cox, S.P., Benson, A.J., Cleary, J.S., et Taylor, N.G. 2015. Candidate limit reference points as a basis for choosing among alternate harvest control rules for Pacific Herring (*Clupea pallasii*) in British Columbia. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech., en cours de rédaction.

Les simulations en boucles fermées visent à fournir un aperçu raisonnable de la dynamique des populations, de l'évaluation des stocks et des règles de contrôle des prises du système. Les valeurs de paramètre estimées pour les simulations ne seront pas identiques à celles estimées lors des précédentes évaluations des stocks. En ce qui concerne les seuils fixes et estimés, les simulations reproduisent le processus d'établissement d'un seuil fixe basé sur l'estimation de 0,25 de la B_0 pour une année donnée. L'année 2014 a été choisie parce qu'elle était plus facile à intégrer dans la simulation. En ce qui a trait au seuil fixe par rapport au seuil estimé, les résultats de la simulation ne fournissent que des données sur le rendement d'une procédure de gestion, comme la méthode historique utilisant un seuil fixe; il est donc impossible de fournir des données sur le rendement relatif à l'utilisation des seuils actuels de 1996 à 2011. Les seuils fixes et les seuils estimés ne constituent qu'un seul exemple où le système simulé ne correspond pas exactement à la réalité historique. Pour diverses raisons, y compris la mise en œuvre et d'autres modèles d'évaluation des stocks, les simulations ne refléteront pas exactement les valeurs des paramètres ou les pratiques historiques.

Le cadre de simulation de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) comprend un modèle opérationnel (MO), qui représente la « vraie » dynamique des populations (mais non observée) définie par le MO pour chaque stock et pêche du hareng, et les PG, qui représentent les processus de prises de décisions relatives à la pêche et d'évaluation scientifique menant à l'établissement des prises annuelles. Les PG comprennent un sous-modèle d'observation qui génère des données sur l'indice du frai et la composition selon l'âge pouvant être à l'origine d'erreurs, un sous-modèle d'évaluation des stocks (SME) qui utilise les données observées (c.-à-d. simulées) pour générer des estimations de l'état du stock actuel, ainsi que des seuils et des règles de contrôle des prises qui utilisent les résultats du SME pour fixer les limites de prises annuelles. Les intrants et les méthodes du cadre de simulation de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) ont été modifiés pour mieux refléter le contexte de gestion propre aux pêches du hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Voici quelques-uns de ces changements et de ces données :

(1) Les deux modèles opérationnels (MO1 et MO2) sont dérivés de chaque stock principal pour refléter les différentes hypothèses relatives au paramètre de mise à l'échelle (q) des relevés par plongée.

(2) La projection des taux de mortalité naturelle (M) 20 ans dans l'avenir au moyen d'une série chronologique établie par méthode de bootstrap à partir de la série chronologique historique M estimée par les modèles d'évaluation actuel (ME1) et historique (ME2) de la partie 1. La méthode de bootstrap évite les hypothèses arbitraires concernant les futures conditions et tendances, et utilise plutôt la variabilité et les tendances du passé à titre de référence. D'un autre côté, les estimations historiques de la méthode de bootstrap supposent que l'avenir ressemblera au passé, de sorte qu'en général, les taux de mortalité naturelle tendent vers les moyennes à long terme, ce qui peut mener à une hausse ou à une baisse des tendances dans les projections.

(3) Les procédures de gestion fondées sur les modèles représentant la procédure de gestion actuelle (PG1) et historique (PG2) sont appliquées à chaque stock. Ces procédures impliquent un modèle statistique des prises selon l'âge configuré pour reproduire le comportement du modèle de Martell *et al.* (2012). Plus précisément, lorsqu'il est utilisé dans les simulations de la PG actuelle, le modèle d'évaluation estime le paramètre de mise à l'échelle (q) des relevés par plongée au moyen d'une distribution a priori de Bayes, et met à jour annuellement les estimations de la biomasse non exploitée, ce qui entraîne une variation interannuelle du seuil. Lors de la simulation de la PG historique, le paramètre de mise à l'échelle des relevés par plongée est fixé à 1, et le seuil est fixé à 25 % de l'estimation de la biomasse non exploitée en 2014. Sur la côte centrale, une

troisième PG est évaluée, qui n'utiliserait que les données des relevés et sur les prises pour fixer les limites de prises annuelles. Cette PG n'utilise pas un modèle d'évaluation des prises selon l'âge dans un stock, mais fait plutôt varier le seuil annuellement (voir ci-après).

Scénarios de modèles opérationnels

Les modèles opérationnels de chacun des cinq stocks principaux sont paramétrés au moyen des estimations de la biomasse, de la mortalité naturelle, de la mortalité par pêche et du recrutement d'après les données allant jusqu'à 2014 tirées de l'évaluation des stocks (tableau 13). Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) ont démontré que l'effet des changements dans la croissance sur le rendement des procédures de gestion était relativement faible. Pour restreinte le nombre total de scénarios considérés ici, on a seulement utilisé les modèles opérationnels qui prennent en compte les deux variantes de q. Différentes hypothèses sur le paramètre de mise à l'échelle (q) des relevés par plongée du modèle d'évaluation des stocks donnent des estimations différentes de ces paramètres; par conséquent, deux modèles opérationnels ont été élaborés pour chaque stock afin de tenir compte de ces différences. Le MO1 est basé sur l'historique de la dynamique et du stock, ce qui se définit par l'ajustement du modèle d'évaluation des stocks actuel (ME1, partie 1) (MPO 2014; Cleary et Taylor 2015, en cours de rédaction[1]). Ce modèle d'évaluation estime séparément les valeurs de q pour les relevés de surface et par plongée. Le MO2 est défini par des estimations obtenues au moyen du modèle d'évaluation historique des stocks (ME2) qui fixe la valeur de q à 1 pour le relevé par plongée et estime la valeur de q pour le relevé de surface. La mortalité naturelle, illustrée à la colonne 4 du tableau 13, correspond à la moyenne de la période d'évaluation de 1951 à 2014. Cette valeur a servi à calculer les points de référence limite (PRL) de la biomasse. Les symboles servant à décrire les modèles utilisés dans l'analyse par simulation sont expliqués au tableau A.2.

La mise en œuvre des deux scénarios de modèles opérationnels a nécessité la modification de l'équation MO2.21 de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) afin de séparer les valeurs de q pour les périodes de relevés de surface et par plongée, c'est-à-dire :

MO2.21 $$I_t = q_t B_t^{Ex} \exp[\tau_{I,t}\varepsilon_t - 0.5\tau_{I,t}^2]$$

où

$$q_t = \begin{cases} q_1 & 1951 \le t < 1988 \\ q_2 & t \ge 1988 \end{cases}$$

Les valeurs du modèle opérationnel pour le paramètre de mise à l'échelle (q_2) du relevé par plongée sont fixées à leurs valeurs moyennes a posteriori de 2014 pour le modèle d'évaluation des stocks actuel (ME1; q_2 = estimé avec la moyenne de la distribution a priori de 0,56) ou historique (ME2; q_2 = 1) (tableau 13) (Cleary et Taylor 2015, en cours de rédaction[1]). Les paramètres de mise à l'échelle (q_1) des relevés de surface ont été fixés pour l'estimation de 2014 au moyen du ME1 ou du ME2, en fonction du scénario de modèle opérationnel. Les valeurs d'erreur d'observations τ utilisées pour la simulation, présentées au tableau 13, sont tirées des valeurs estimées dans Cleary et Taylor (2015, en cours de rédaction[1]).

Projection de la mortalité naturelle (M)

Une série chronologique établie par méthode de bootstrap (Kunsch 1989) est utilisée pour simuler les éventuelles tendances de la mortalité naturelle pour chaque stock de hareng. Cette méthode simule des séries chronologiques de la mortalité naturelle (20 ans chacune) en

prélevant aléatoirement (avec remplacement) des blocs temporels de la série chronologique du taux de mortalité naturelle propre à chaque stock (1951-2014). L'échantillonnage par blocs préserve la dépendance temporelle (c.-à-d. autocorrélation temporelle) entre les observations consécutives des séries originales, mais la dépendance temporelle pourrait être attribuable à la manière dont les séries chronologiques de *M* ont d'abord été estimées. La méthode de bootstrap garantit que les futurs taux de mortalité naturelle se maintiendront dans la fourchette d'estimations historiques.

Tableau 13. Valeurs des paramètres, tirées de l'évaluation de 2014 (Cleary et Taylor 2015, en cours de rédaction[1]), qui définissent les scénarios des modèles opérationnels MO1 et MO2 pour chaque stock de hareng de la Colombie-Britannique. La mortalité naturelle correspond à la moyenne pour la période 1951-2014.

Stock	Nom	Biomasse non exploitée (B_0)	Mortalité naturelle (M)	Variation de la pente (stock-recrutement) (h)	Variabilité du recrutement (σ_R)	Paramètre de mise à l'échelle (relevés de surface) (q_1)	Paramètre de mise à l'échelle (relevés par plongée) (q_2)	Erreurs d'observation du relevé (τ)
HG	MO1	34,76	0,63	0,79	0,79	0,33	0,55	0,50
	MO2	26,81	0,58	0,79	0,80	0,39	1,0	0,40
DPR	MO1	64,14	0,40	0,70	0,70	0,53	0,88	0,50
	MO2	65,15	0,35	0,69	0,70	0,57	1,0	0,50
CC	MO1	61,39	0,49	0,80	0,70	0,30	0,61	0,40
	MO2	54,56	0,42	0,81	0,70	0,34	1,0	0,40
DG	MO1	144,53	0,74	0,73	0,50	0,64	0,60	0,70
	MO2	118,51	0,57	0,77	0,50	1,01	1,0	0,70
COIV	MO1	58,50	0,67	0,73	0,50	0,61	0,52	0,80
	MO2	47,60	0,57	0,72	0,60	0,84	1,0	0,60

Procédures de gestion

Les principaux objectifs de cette étude de simulation sont d'évaluer le rendement potentiel et les conséquences sur la conservation des éléments suivants :

(1) les autres hypothèses sur le paramètre de mise à l'échelle q_2 des relevés par plongée utilisé dans le modèle d'évaluation des stocks;

(2) l'utilisation d'un seuil fixe ou variable du niveau de la biomasse dans la règle de contrôle des prises de hareng;

(3) l'application d'une approche purement fondée sur les données aux fins de l'établissement des TAC pour les pêches du hareng de la côte centrale.

Les options (1) et (2) représentent des éléments des procédures actuelles de gestion du hareng, tandis que l'option (3) correspond à une procédure de gestion complètement différente des autres options actuelles. Dans les sections suivantes, la première décrit les modifications des éléments de l'évaluation des stocks et de la règle de contrôle des prises décrits dans le cadre de simulation de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]). Ensuite, on présente une proposition d'approche fondée sur les données (« règleCC ») pour la pêche dans la zone de la

côte centrale et qui n'utilise que les estimations de la biomasse tirées de relevés et des prises pour fixer les TAC annuels.

La simulation des procédures de gestion du hareng fondées sur les modèles nécessite trois principales composantes :

(1) un ensemble de données sur la pêche comprenant une série chronologique des prises totales, les estimations relatives (PG actuelle) ou absolues (PG historique) de la biomasse du stock reproducteur, et les proportions selon l'âge des prises des pêches;

(2) un modèle d'évaluation (ME) des stocks qui estime la biomasse historique, le recrutement, la mortalité naturelle, la sélectivité, les paramètres stock-recrutement, le seuil de la biomasse du stock reproducteur (c.-à-d. 0,25 B_0), et une prévision pour l'année à venir de la biomasse exploitable requise par la règle de contrôle des prises (Cox *et al.* 2013);

(3) une règle de contrôle des prises pour ajuster l'objectif de taux de mortalité par pêche et le TAC en réponse aux modifications des prévisions relatives à la biomasse exploitable et à l'état du stock.

Les détails de la mise en œuvre de chaque composante se trouvent dans Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]). Ici ne sont fournies que les modifications des éléments nécessaires à l'atteinte des objectifs (1)-(3). Un résumé des spécifications du modèle d'évaluation et de la règle de contrôle des prises est fourni au tableau 14.

Hypothèses du paramètre de mise à l'échelle pour les PG fondées sur les modèles

La majorité des relevés des populations de poissons fournissent un indice proportionnel (par conception) à l'abondance ou à la biomasse, ce qui se traduit par une corrélation linéaire simple;

$$I_t = qB_t$$

où I_t (tonnes) correspond à la valeur de l'indice à l'année t, B_t (tonnes) correspond à la biomasse réelle du stock, et q (sans unité dans ce cas-ci) correspond au coefficient de capturabilité qui met la biomasse à l'échelle de l'indice. En ce qui concerne le hareng, ce coefficient correspond au paramètre de mise à l'échelle du relevé sur le frai. Les valeurs de l'indice I_t (tonnes) du relevé du hareng sont dérivées d'une série d'estimations de la densité des couches d'œufs, de la longueur totale et de la largeur moyenne des frayères, et d'une estimation du nombre d'œufs pondus par tonne de harengs. Des estimations à la hausse ou à la baisse persistantes de n'importe laquelle de ces composantes se traduiraient par une véritable valeur de paramètre de mise à l'échelle différente de un (1). Par exemple, si la superficie totale du frai est sous-estimée de 50 %, alors q = 0,5 et la valeur de l'indice I_t = 1 000 t signifierait que B_t = 2 000 t de la biomasse actuelle, puisque seulement la moitié du frai réel a été observé. À l'opposé, par exemple B_t = 500 t, se produirait si la superficie totale du frai était surestimée d'un facteur de deux (q = 2). Il est presque impossible de mesurer directement le paramètre de mise à l'échelle d'après les pêches d'envergure, car il y a trop de sources possibles de distorsion dans les estimations des composantes, de même que dans une simple définition de « stock » à un moment donné. En conséquence, la majorité des évaluations des stocks considèrent q comme un « paramètre nuisible », c'est-à-dire un scalaire qui doit être estimé par le modèle, mais qui n'est pas directement lié d'aucune autre façon à l'avis sur la pêche. Toutefois, un problème se pose lorsque le paramètre de mise à l'échelle ne peut être estimé avec certitude d'après les données du modèle d'évaluation des stocks. Une simulation peut démontrer que le paramètre de mise à l'échelle n'est pas estimé de manière fiable lorsque, entre autres, des estimations incertaines dérivées des relevés sont combinées à des prises de

la pêche qui sont faibles par rapport à la taille réelle du stock (c.-à-d. forte erreur dans les données, et taux de récolte faible et régulier) (Schnute et Richards 1995) et à la confusion plus générale découlant des paramètres. Il n'est donc pas immédiatement clair si l'estimation de q ou l'ensemble de valeurs est égal à 1 par définition, pour les raisons suivantes : la majorité des données de relevés du hareng de la Colombie-Britannique sont incertaines; la majorité des récents taux de récolte sont faibles ou nuls; les définitions de « stock » sont changeantes en raison du potentiel de déplacement entre les zones de stock (Hay *et al.* 2001; Flostrand *et al.* 2009).

Une solution serait de créer une simulation dans laquelle le paramètre réel de mise à l'échelle est connu, puis de vérifier l'incidence des autres hypothèses dans l'évaluation des stocks et les règles de contrôle des prises sur le rendement et le risque lié à la conservation (c.-à-d. les mesures du rendement pertinentes) dans des situations qui reproduisent les réalités (i)-(iii) du hareng du Pacifique.

Dans la PG actuelle (PG1), q est estimé annuellement dans le modèle d'évaluation des stocks, mais il requiert une distribution informative a priori de Bayes (comme attendu dans la discussion ci-dessus, car il ne peut être déterminé de manière fiable à partir des données). D'après la dérivation par Martell *et al.* (2012) de l'évaluation de 2014 (partie 1), le modèle d'évaluation des stocks (ME1) de la PG actuelle utilise une distribution a priori de $q_2 \sim normal(0{,}56,\ 0{,}27^2)$ où q_2 est le paramètre de mise à l'échelle des relevés par plongée et « *normal* » correspond à la fonction de densité de probabilité symétrique qui traite les valeurs au-delà et en deçà des valeurs prévues (0,56) comme étant tout aussi susceptibles de se produire.

La PG historique (PG2) est aussi fondée sur une distribution informative a priori appliquée à la valeur de q pour les relevés par plongée, c.-à-d. $q^2 = 1$, même s'il ne s'agit pas exactement d'une distribution a priori, car elle suppose que la valeur exacte est connue. En fait, la définition ci-dessus signifie que q n'est pas estimé du tout; il traite simplement les valeurs de I_t comme étant des estimations absolues et objectives; par conséquent, les niveaux des prises correspondront généralement aux observations tirées des relevés de la biomasse.

La composante du modèle d'évaluation des prises selon l'âge dans le cadre de la simulation de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) a été modifiée pour permettre le traitement distinct des relevés de surface et par plongée. L'hypothèse relative au paramètre de mise à l'échelle (q_1) des relevés par plongée n'a pas changé entre les deux PG; le paramètre est donc estimé dans la PG1 et la PG2. La composante du modèle d'évaluation a été modifiée à trois endroits pour intégrer les différences entre les PG dans la manière dont q est traité :

(1) modification de l'estimateur conditionnel du coefficient du paramètre de mise à l'échelle des relevés (équation L.2 de Cox *et al.*[2]) pour utiliser un paramètre de mise à l'échelle des relevés de surface de 1951 à 1987 et un paramètre de mise à l'échelle des relevés par plongée de 1988 à 2014;

(2) modification de la fonction résiduelle (équation L.3 de Cox *et al.*[2]) pour tenir compte de deux q distincts;

(3) ajout de distributions a priori de Bayes (équation L.10 de Cox *et al.*[2]) aux paramètres de mise à l'échelle des relevés qui sont estimés.

En ce qui concerne la PG actuelle, où les valeurs de q pour les relevés de surface et par plongée sont estimées, le terme « probabilité » révisé et le log de la probabilité a posteriori sont les suivants :

L.2. Actuelle $$\widehat{\log q_i} = \begin{cases} \frac{1}{37}\sum_{t=1}^{37} z_t & i=1 \\ \frac{1}{27}\sum_{t=38}^{64} z_t & i=2 \end{cases}$$

L.3. Actuelle $$Z_I = \sum_{t=1}^{37}\left(z_t - \widehat{\log q_1}\right)^2 + \sum_{t=38}^{64}\left(z_t - \widehat{\log q_2}\right)^2$$

L.10. Actuelle $$G = \ell_{IR} + \ell_P^F + \ell_P^S + \ell_h + \ell_M + \sum_i \frac{1}{2(0.27^2)}\left(\widehat{\log q_i} - \log(0.56)\right)^2$$

La fonction du log de la probabilité a posteriori (*G*, L.10. Actuelle) comprend des distributions a priori de Bayes identiques pour la capturabilité des relevés de surface et par plongée. En ce qui concerne la PG historique, où le paramètre q_2 = 1 pour les relevés par plongée conformément à la définition ci-dessus, les équations L.2., L.3. et L.10. révisées sont les suivantes :

L.2. Historique $$\widehat{\log q_i} = \begin{cases} \frac{1}{37}\sum_{t=1}^{37} z_t & i=1 \\ 0 & i=2 \end{cases}$$

L.3. Historique $$Z_I = \sum_{t=1}^{37}\left(z_t - \widehat{\log q_1}\right)^2 + \sum_{t=38}^{64}\left(z_t - \widehat{\log q_2}\right)^2$$

L.10. Historique $$G = \ell_{IR} + \ell_P^F + \ell_P^S + \ell_h + \ell_M + \frac{1}{2(0.27^2)}\left(\widehat{\log q_i} - \log(0.56)\right)^2$$

où le paramètre de probabilité log-q_2 dans l'équation L.3. Historique est conservé à des fins de clarté, même si sa valeur est de 0 par définition dans l'équation L.2. Historique [c.-à-d. log(1) = 0].

Règle de contrôle des prises (RCP) : seuils fixes et variables pour les PG basées sur les modèles

La fonction de RCP de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) a été modifiée pour reproduire la façon dont le seuil contribue aux décisions sur les TAC dans les PG historique et actuelle de chaque stock de hareng (tableau 14). Par le passé (c.-à-d. période de gestion de 1996 à 2011), les seuils ont été fixés à des niveaux constants (« fixes ») de la biomasse propre à chaque stock dérivés des estimations de la biomasse non exploitée d'après les données allant jusqu'à 1996.

La modification des seuils fixes dans les simulations (pour 1996) dépasse la portée du présent document. De plus, il n'a pas été possible de simplement utiliser les seuils fixés en 1996, car ils ne représentaient pas les modèles opérationnels. On a donc utilisé l'approche historique dans la PG2 en estimant la biomasse non explcitée en fonction des données simulées jusqu'en 2014, puis fixé le seuil de cette valeur pour le reste de la période de projection de 20 ans. En ce qui

concerne la PG1, le seuil a été changé chaque année d'après les estimations de la B_0 obtenues chaque année au fur et à mesure que de nouvelles données étaient disponibles aux fins de l'évaluation des stocks. Les PG historique et actuelle utilisent un taux de récolte cible de 20 % pour fixer les TAC annuels. Les formules précises du calcul des TAC annuels sont présentées à la section 2.2.3 de Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]).

PG fondée sur les données : règleCC

Le rendement d'une procédure de gestion purement fondée sur les données proposée pour la pêche sur la côte centrale est aussi simulé. Cette PG de la « règleCC » (tableau 14) génère des prévisions de la biomasse annuelle B_{T+1} en ajoutant l'indice du relevé du frai (pas à l'échelle) et les prises de l'année précédente, tandis que le seuil est dérivé de la valeur de la prévision la plus faible de la biomasse à partir de laquelle le stock s'est rétabli au cours des dix dernières années (c.-à-d. biomasse minimale des dix dernières années). Dans certains cas, un stock de hareng peut décliner pendant dix années consécutives; on utilise alors le seuil le plus récent. L'utilisation d'un seuil fondé sur une fenêtre de dix ans permet de tenter de suivre la productivité du hareng variant avec le temps. Il convient de noter que la règleCC suppose implicitement que $q_2 = 1$, ce qui est similaire à la PG historique. Un taux de récolte cible de 10 % est l'autre principale différence entre la règleCC et les PG basées sur les modèles.

Tableau 14. Spécifications des procédures de gestion actuelle (PG1), historique (PG2) et de la règleCC. Les PG1 et PG2 fondées sur les modèles prévoient la biomasse de l'année suivante en projetant la population structurée selon l'âge sur un an en fonction des données sur la pêche, la mortalité naturelle et le recrutement des poissons d'âge 1 de la relation stock-recrutement. La méthode de prévision de la biomasse de la PG de la règleCC (c.-à-d. année T+1) ajoute les prises (C_T) et l'indice (I_T) du relevé du frai.

		Modèle d'évaluation			Règle de contrôle des prises	
Symbole de la PG	PG Description	Hypothèse du paramètre de mise à l'échelle	A priori	Biomasse prévue	Seuil	Taux de récolte cible
PG1	PG basée sur le modèle actuel avec un SEUIL variable	Estimé	Normal Moyenne = 0,56; E.T. = 0,27	Prévision de la prochaine année fondée sur le modèle	**Mise à jour** : 25 % de l'estimation de la biomasse non exploitée	20 %
PG2	PG basée sur le modèle historique avec un SEUIL fixe	q_2 fixe = 1	S.O.	Prévision de la prochaine année fondée sur le modèle	**Fixe au niveau de 2014** : 25 % de l'estimation de la biomasse non exploitée d'après les données jusqu'à 2014 seulement	20 %
RègleCC	PG basée sur les données avec un SEUIL	S.O.	S.O.	Indice du frai plus les prises de l'année précédente	**Mise à jour chaque année** : Biomasse la plus faible à partir de laquelle le stock	10 %

		Modèle d'évaluation			Règle de contrôle des prises	
Symbole de la PG	PG Description variable	Hypothèse du paramètre de mise à l'échelle	A priori	Biomasse prévue	Seuil	Taux de récolte cible
					s'est rétabli au cours des dix dernières années, ou SEUIL le plus récent si le stock a continuellement décliné sur dix ans ou plus	

Indicateurs de rendement

Les indicateurs de rendement sont des mesures quantitatives servant à évaluer le rendement des PG par rapport à certains objectifs. Parce que les objectifs n'ont pas encore été définis pour les pêches du hareng, trois mesures de rendement de la pêche communément acceptées ont servi d'indicateurs du rendement et des risques liés à la conservation pour chaque procédure de gestion simulée. Le risque lié à la conservation est mesuré au moyen de la probabilité (P_{cons}) que la biomasse tombe sous les seuils de conservation définis par les trois PRL éventuels décrits dans Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) – $0.25B_0, 0.30B_0, 0.40B_0$, avec un PRL additionnel de $\overline{B}_{1985\text{-}1994}$ (c.-à-d. biomasse moyenne de 1985 à 1994) pour la côte centrale. Les PRL fondés sur l'équilibre sont dérivés séparément pour chaque modèle opérationnel en fonction des conditions historiques de croissance en 1951 et du taux de mortalité naturelle moyen estimé de 1951-2014. P_{cons} a été calculée en tant que moyenne pour l'ensemble des essais de simulation de la proportion de toutes les années de projection où la biomasse du stock reproducteur du modèle opérationnel est égale ou inférieure à chaque PRL.

Le PRL additionnel de $\overline{B}_{1985\text{-}1994}$ pris en compte pour la côte centrale représente la biomasse moyenne au cours de la plus récente période de « bonne » pêche ASR d'après la Première Nation Heiltsuk. Il doit servir d'indicateur des conditions susceptibles de soutenir la pêche ASR en fonction d'une qualité et d'une quantité souhaitées et disponibles par le passé. Comme il est indiqué ci-dessus, P_{cons} est calculé comme la moyenne des essais de simulation de la proportion pour toutes les années projetées.

Les résultats des simulations (par rapport au rendement relatif à un objectif) sont résumés au moyen de l'épuisement moyen médian ($\overline{D}$; la biomasse restante par rapport au niveau non exploité moyen, B_0), du rendement annuel moyen médian à court (5 ans) et à long (20 ans) termes, et la variabilité annuelle moyenne (AAV) du rendement de chaque PG. Les statistiques de la variabilité annuelle moyenne correspondent au changement proportionnel moyen des prises d'une année à l'autre, peu importe l'orientation, c.-à-d. :

$$AAV = \sum_{t=4}^{T} \left| Q_t - Q_{t-1} \right| \Big/ \sum_{t=4}^{T} Q_t$$

où Q_t correspond au quota simulé (les prises sont toujours supposées équivalentes au quota) obtenu en appliquant une PG donnée à l'année t.

Résultats

Scénarios de simulation de la productivité

La série chronologique établie par méthode de bootstrap restreint les futures trajectoires de la mortalité naturelle dans la fourchette des estimations historiques avec des tendances à long terme vers la moyenne de la série chronologique de données historiques (figure 14). Les tendances futures observées dans les simulations de trajectoires de *M* sont fortement influencées par le rendement de la PG par rapport aux PRL, comme il est discuté ci-après.

Rendement par rapport aux PRL éventuels

Les procédures de gestion simulées ont amené les biomasses du stock reproducteur sous les PRL basés sur l'équilibre relativement souvent à long terme pour certains stocks, et plus rarement pour d'autres stocks (tableau 15). Le PRL-CC ($\overline{B}_{1985\text{-}1994}$), qui représentait la biomasse typique au cours d'une période de « bonne » pêche et de productivité des stocks d'après la Première Nation Heiltsuk, a été dépassé plus de 50 % du temps pour toutes les PG, y compris la règleCC. Le PRL-CC correspondait à la biomasse la plus élevée et était donc le PRL le plus difficile à éviter parmi les 4 PRL étudiés.

Même si la valeur absolue des indicateurs de rendement des PG varie selon le stock et le scénario de MO, le classement du rendement en matière de conservation était relativement similaire. La PG1 (actuelle) donnait généralement des prises moyennes médianes plus élevées que la PG2, mais les prises variaient plus avec la PG1 que la PG2 (la variabilité annuelle moyenne était plus élevée pour la PG1 que pour la PG2). Les stocks étaient beaucoup plus épuisés avec la PG1, c.-à-d. que la biomasse du stock par rapport à l'équilibre dans une situation de non-exploitation était inférieure pour la PG1 que la PG2. La PG1 obtenait aussi la plus forte probabilité d'excéder chacun des PRL éventuels, peu importe le stock ou le scénario de MO.

La règleCC maintenait une biomasse du stock reproducteur plus élevée (et, en conséquence, une biomasse plus élevée par rapport au stock non exploité), mais au prix de prises réduites et d'une plus grande variabilité des prises d'une année à l'autre (variabilité annuelle moyenne à la hausse de ~68-91 % selon le scénario de MO) (tableau 15). Le rendement plus faible de la règleCC s'est traduit par un dépassement des PRL un peu plus de la moitié du temps par rapport aux procédures basées sur les modèles. Néanmoins, la règleCC a obtenu une biomasse du stock reproducteur inférieure aux PRL de 3 % à 54 % du temps selon le scénario de MO (tableau 15).

Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) ont constaté que le rendement des PG par rapport aux PRL éventuels était fortement lié aux scénarios du taux de mortalité naturelle future (*M*). Cette étude soutient cette conclusion, car les stocks affichant des tendances futures de *M* stables ou en déclin (p. ex., HG, DPR; figure 14) semblent plus résilients à la pêche que les stocks dont les tendances de *M* sont à la hausse (p. ex., DG et COIV; figure 14). Il est toutefois important de noter que ces tendances sont fortement fonction des niveaux récents de *M* par rapport à la plus longue période historique. Par exemple, les stocks qui ont connu de hauts sommets de mortalité naturelle au cours de la dernière décennie ou environ (HG, CC, COIV) tendent à afficher des tendances futures à la baisse de *M*, car la méthode de bootstrap utilise un échantillon de l'ensemble de la série chronologique de données historiques de *M*, qui étaient en général plus faibles que le récent sommet. Dans la zone du DG en particulier, l'échantillonnage parmi la série chronologique historique complète de *M* a eu des effets particulièrement prononcés, c'est-à-dire que les estimations de *M* du milieu des années 1960 à la fin des années 1990 étaient plus élevées que dans les autres zones de stocks (figure 5), de sorte que

la période de projection de *M* de ce stock est plus élevée que pour les dernières années. Par ailleurs, les taux de mortalité naturelle dans la zone du DPR ont été constants par le passé; ils devraient donc demeurer stables à l'avenir (figure 14). En conséquence, les PG sont en mesure de maintenir une probabilité de moins de 5 % que la BSR chute sous les PRL de $0,25\ B_0$ et de $0,30\ B_0$ dans les zones de HG et du DPR, en grande partie en raison de leur productivité future simulée relativement optimiste.

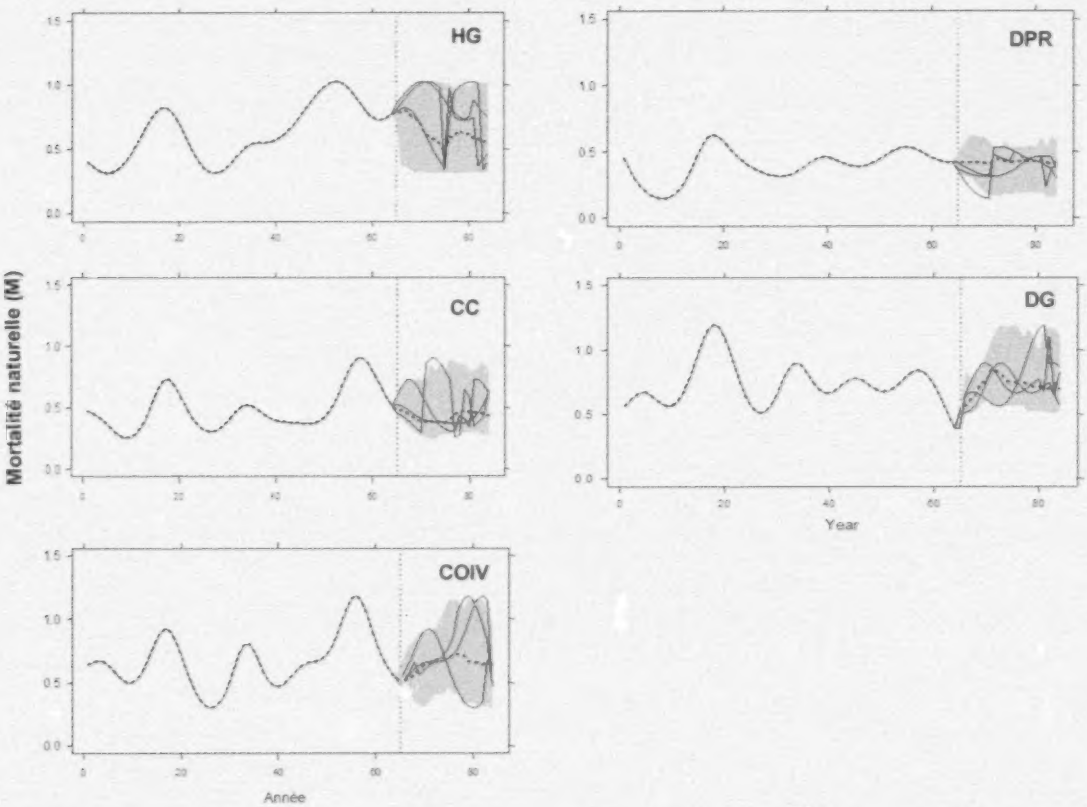

Figure 14. Estimations du taux de mortalité naturelle historique (à gauche de la ligne pointillée) et valeurs simulées (à droite de la ligne pointillée) pour chaque stock de hareng. La ligne verticale correspond à la première année de la période de projection. Les enveloppes de simulation comprennent la médiane (ligne pointillée en gras), les 90 % centraux des 100 trajectoires (zone ombragée en gris), et les trois répétitions individuelles (lignes fines).

Évaluation des procédures de gestion

L'estimation de la PG actuelle (PG1) obtient généralement des prises plus élevées que celle de la PG historique (PG2), mais sa biomasse est plus faible par rapport au niveau non exploité, son risque lié à la conservation est plus grand, et elle affiche une plus grande variabilité dans les prises. Une approche théorique de décision officielle permettrait d'intégrer ou de calculer la moyenne du rendement des scénarios de MO, avec une pondération assignée aux statistiques sur les données (p. ex., tableau 15) pour chaque modèle opérationnel afin de tenir compte de la vraisemblance de chaque hypothèse concernant *q*. L'intégration dans les scénarios de MO permet de classer les PG et de les comparer directement (tableau 16), ce qui donne un aperçu unifié des compromis rendement-risques. Les pondérations de la vraisemblance assignées à

chaque scénario de MO sont importantes aux fins de la sélection des PG, mais elles ne sont pas faciles à déterminer. Par exemple, les membres du groupe de travail technique du projet pilote ne s'entendent pas sur la vraisemblance relative du MO1 et du MO2. En l'absence de consensus, une pondération de 50:50 pour calculer les moyennes statistiques a servi à résumer les résultats, mais cela ne signifie pas que ces hypothèses sont tout aussi vraisemblables les unes que les autres ni qu'elles conviendraient pour calculer la moyenne des résultats des modèles d'évaluations de la partie 1.

Le rendement moyen (pondéré) des PG calculé pour les modèles opérationnels, et à long terme (20 ans), correspond au résultat général voulant que la PG1 obtienne des prises plus élevées, mais en ayant pour conséquence que le stock s'épuise plus rapidement, que la variabilité interannuelle des prises soit plus importante que pour la PG2, et que les PRL soient dépassés plus souvent (tableau 16). Ce résultat s'applique dans les cinq principales zones de stock. De plus, la PG1 et la PG2 semblent respecter les critères de conservation 0,25 B_0, 0,30 B_0 dans les zones de HG et du DPR. Le rendement de la règleCC par rapport à la PG1 et à la PG2 n'a pas réagi à l'intégration, c'est-à-dire que la règleCC maintient une biomasse relative plus élevée que le niveau non exploité et dépasse les PRL moins souvent que les PG basés sur les modèles, mais en ayant pour conséquence que les prises sont plus faibles et que la variabilité des prises est plus élevée (tableau 16).

Le résumé du rendement des PG à court terme (cinq premières années de la période de projection) reflète mieux le rendement des PG en ce qui concerne l'état actuel du stock, la croissance et les conditions de mortalité naturelle. En général, les statistiques à court terme ont brossé un tableau plus optimiste de l'ensemble des indicateurs de rendement que les statistiques à long terme, peu importe la zone de stock (tableau 16; court terme). La seule exception touche la zone de la CC, où la probabilité à court terme de tomber sous les PRL était plus élevée à court terme qu'à long terme pour toutes les PG.

Tableau 15. Sommaire du rendement des simulations à long terme (toutes les années de projection) des procédures de gestion du hareng appliquées à chaque scénario de modèle opérationnel. Les MO1 et MO2 sont des modèles opérationnels dérivés des modèles d'évaluation des stocks qui appliquent les hypothèses actuelle (MO1) et historique (MO2) concernant le paramètre de mise à l'échelle de la pêche. La PG1 et la PG2 estiment les PG actuelle et historique respectivement, qui diffèrent surtout sur le plan des hypothèses relatives au paramètre de la mise à l'échelle, et à savoir s'il faut mettre le seuil à jour (PG1) ou le maintenir fixe à la valeur de l'estimation de 2014 (PG2). Les statistiques sur le rendement comprennent la médiane de l'épuisement moyen ($\overline{D}$), la médiane des prises moyennes ($\overline{C}$; en milliers de tonnes métriques), la variabilité annuelle moyenne des prises (AAV), et les valeurs de P_{cons} pour quatre points de référence limite possibles de la biomasse. P_{cons} a été calculée en tant que moyenne pour l'ensemble des essais de simulation de la proportion de toutes les années où la biomasse du stock reproducteur du modèle opérationnel est égale ou inférieure à chaque PRL. Les valeurs en gras indiquent quand P_{cons} est inférieure à 5 %.

						Points de référence limite éventuels			
Stock	Scénario de modèle opérationnel	PG	$\overline{D}$	$\overline{C}$	*AAV*	0,25 B_0	0,30 B_0	0,40 B_0	$\overline{B}_{1985\text{-}1994}$
HG	MO1	PG1	1,30	4,85	65,90	**0,02**	**0,03**	0,09	–
		PG2	1,37	3,61	73,95	**0,01**	**0,02**	0,05	–
	MO2	PG1	1,23	4,14	75,61	**0,03**	**0,05**	0,11	–
		PG2	1,36	2,80	56,21	**0,01**	**0,03**	0,08	–
DPR	MO1	PG1	0,79	5,62	30,49	**0,02**	**0,04**	0,10	–
		PG2	0,84	4,78	28,81	**0,01**	**0,02**	0,07	–
	MO2	PG1	0,69	5,58	29,80	**0,03**	0,06	0,15	–
		PG2	0,75	4,85	27,66	**0,02**	**0,03**	0,11	–
CC	MO1	PG1	0,62	8,52	24,42	0,14	0,18	0,26	0,73
		PG2	0,63	8,54	23,29	0,13	0,17	0,25	0,72
		RègleCC	0,91	3,98	44,43	**0,03**	0,06	0,11	0,50
	MO2	PG1	0,46	6,89	25,63	0,25	0,38	0,52	0,72
		PG2	0,49	6,69	24,87	0,23	0,37	0,50	0,70
		RègleCC	0,71	4,47	43,05	0,09	0,20	0,32	0,54
DG	MO1	PG1	1,06	23,10	25,45	0,09	0,12	0,18	--
		PG2	1,08	20,04	24,87	0,09	0,11	0,17	--
	MO2	PG1	0,97	21,68	29,87	0,17	0,22	0,30	--
		PG2	1,02	20,00	29,49	0,15	0,19	0,27	--
COIV	MO1	PG1	1,06	8,08	37,72	0,05	0,07	0,12	--
		PG2	1,15	4,85	35,63	**0,03**	**0,04**	0,08	--
	MO2	PG1	0,97	6,31	59,43	0,07	0,09	0,14	--
		PG2	1,12	3,14	53,60	**0,03**	0,05	0,09	--

Désignation d'une procédure de gestion temporaire

Il est difficile de choisir une PG temporaire pour la gestion de la pêche du hareng de la Colombie-Britannique, car il n'existe aucun objectif de gestion précis pour cette pêche. Si c'était le cas, l'avis scientifique serait beaucoup plus précis et éliminerait essentiellement les PG qui ne respectent pas les objectifs établis. Les PG qui semblent correspondre aux objectifs de gestion seront conservés aux fins d'évaluation future, peut-être par rapport à des scénarios et à des modèles opérationnels plus complexes.

En l'absence d'objectifs de gestion précis et de critères pour atteindre ces objectifs, des points de référence limite éventuels (Cox *et al.* 2015, en cours de rédaction[2]) sont utilisés en tant que critères biologiques, et une probabilité par défaut de 5 % sert de critère d'évaluation du rendement des PG. Ainsi, une PG « échouerait » si elle entraînait la biomasse sous un PRL

plus de 5 % du temps (Shelton et Sinclair 2008). Lorsque le rendement est évalué pour une période de 20 ans en fonction de ces critères, et que sa moyenne est calculée pour les scénarios de modèles d'évaluation, les éléments suivants sont observés :

- parmi tous les stocks, aucune PG n'a réussi à respecter les objectifs de biomasse élevée des PRL (0,40 B_0, PRL-CC de $\overline{B}_{1985\text{-}1994}$);
- aucune des deux PG fondées sur les modèles n'a réussi à respecter les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 pour les zones du DG et de la CC;
- aucune PG n'a respecté les critères des PRL dans la zone de la CC;
- les deux PG fondées sur les modèles respectent les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 dans les zones de HG et du DPR;
- seule la PG2 a respecté les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 dans la zone de la COIV.

L'ensemble d'objectifs et de critères de probabilité utilisés ci-dessus ne tient pas compte des objectifs en matière de conservation ou de rendement. Sans objectifs clairs (c.-à-d. un ensemble convenu de PRL), aucune PG n'a été éliminée de l'étude. En conséquence, le rendement relatif de chaque PG est fourni relativement aux résultats de la simulation (épuisement et prises), en plus de la probabilité de dépasser les PRL afin d'étudier les seuils inhérents de la PG choisie.

Une simple moyenne des statistiques des PG pour les deux scénarios de modèle d'opération est utilisée pour résumer le rendement attendu. Cette analyse indique que pour toutes les zones de stock, la PG1affiche une biomasse plus faible que le niveau non exploité, et des prises plus élevées que la PG2. La PG1 affiche aussi toujours une probabilité plus élevée de dépasser tout PRL examiné. Les différences relatives se maintiennent lorsqu'elles sont calculées sur une période à court terme (5 ans), mais le rendement de chaque PG en ce qui concerne les PRL s'améliore pour cette échelle à court terme.

Les deux PG basées sur les modèles utilisent des règles de contrôle des prises identiques (c.-à-d. un taux de récolte de 20 % et un seuil de 0,25 de la B_0) pour fixer le TAC chaque année, mais la principale différence réside dans l'hypothèse concernant q. La source du seuil (fixe ou annuel) est différente entre les PG, mais les estimations changent très peu d'année en année (changement relatif maximal de 30 %). La principale différence entre les PG repose dans les hypothèses sur le paramètre de mise à l'échelle q pour les relevés du frai : la PG actuelle (PG1) estime q d'après une distribution informative a priori de q~0,56, tandis que la PG2, plus conservatrice, fixe q à 1. La raison pour laquelle q a un effet plus important sur le rendement de la procédure de gestion est que l'estimation de q peut aller jusqu'à doubler les niveaux de la biomasse pour une année donnée, avec une hausse connexe du TAC (si on utilise un taux de récolte fixe).

D'après le rendement moyen des deux procédures de gestion fondées sur les modèles, la PG2 entraîne une biomasse plus élevée par rapport aux niveaux non exploités, une variabilité annuelle moyenne plus faible, et une plus faible probabilité de dépasser les points de référence limite, mais en ayant moins de prises que la PG1 dans l'ensemble des zones. Les résultats diffèrent selon la période étudiée. À long terme, parmi toutes les zones, la différence moyenne (minimum; maximum) de l'épuisement était de 0,07 (0,02; 0,12) pour la PG2 par rapport à la PG1 (c.-à-d. biomasse plus élevée) tandis qu'à court terme la différence était de 0,04 (0,02; 0,06). Dans toutes les zones, la différence moyenne entre la PG1 et la PG2 en ce qui concerne la variabilité annuelle moyenne était de -2,59 (-5,67; -0,48) à long terme et de -7,58 (-42,58; 6,49) à court terme. Les différences moyennes dans les prises à court et à long terme pour la

PG1, par rapport à la PG2, étaient de -1,55 (-3,2; -0,09) et de -2,07 (-4,41; -0,43) respectivement.

Tableau 16. Rendement moyen (pondération de 50:50) de la procédure de gestion calculé pour les modèles opérationnels MO1 et MO2. Les quatre dernières rangées donnent les probabilités que la biomasse chute sous chacun des points de référence limite éventuels indiqués. Les statistiques sur le rendement comprennent la médiane de l'épuisement moyen ($\overline{D}$), la médiane des prises moyennes ($\overline{C}$; en milliers de tonnes métriques), la variabilité annuelle moyenne des prises (AAV) et les valeurs de P_{cons} pour quatre points de référence limite de la biomasse. P_{cons} a été calculée en tant que moyenne pour l'ensemble des essais de simulation de la proportion de toutes les années où la biomasse du stock reproducteur du modèle opérationnel est égale ou inférieure à chaque PRL. Les valeurs en gras indiquent quand P_{cons} est égal ou inférieur à 5 %. Les résultats sont présentés à long terme (toutes les années de projection) et à court terme (cinq premières années de la période de projection).

	HG		DPR		CC			DG		COIV	
	PG1	PG2	PG1	PG2	PG1	PG2	RègleCC	PG1	PG2	PG1	PG2
Long terme											
$\overline{D}$	1,26	1,37	0,74	0,80	0,54	0,56	0,81	1,01	1,05	1,01	1,13
$\overline{C}$	4,50	3,20	5,60	4,81	7,70	7,61	4,22	22,39	20,02	7,20	4,00
AAV	70,75	65,08	30,15	28,24	25,03	24,08	43,74	27,66	27,18	48,58	44,62
0,25 B_0	**0,02**	**0,01**	**0,02**	**0,01**	0,19	0,18	0,06	0,13	0,12	0,06	**0,03**
0,30 B_0	**0,04**	**0,02**	0,05	**0,03**	0,28	0,27	0,13	0,17	0,15	0,08	**0,05**
0,40 B_0	0,10	0,07	0,12	0,09	0,39	0,38	0,21	0,24	0,22	0,13	0,09
$\overline{B}_{1985\text{-}1994}$	--	--	--	--	0,72	0,71	0,52	--	--	--	--
Court terme											
$\overline{D}$	0,92	0,97	0,69	0,71	0,41	0,43	0,50	2,00	2,03	1,01	1,07
$\overline{C}$	3,17	1,89	6,16	4,77	5,93	5,50	2,38	31,03	26,62	4,07	1,23
AAV	105,92	112,41	30,85	26,33	24,90	23,55	33,55	26,36	30,44	59,32	16,74
0,25 B_0	**0,01**	**0,00**	**0,01**	**0,01**	0,19	0,17	0,06	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
0,30 B_0	**0,02**	**0,00**	**0,03**	**0,02**	0,38	0,34	0,22	**0,00**	**0,00**	**0,01**	**0,00**
0,40 B_0	0,07	0,03	0,09	0,07	0,51	0,48	0,39	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,01**
$\overline{B}_{1985\text{-}1994}$	--	--	--	--	0,95	0,95	0,87	--	--	--	--

Les répercussions sur les prises de la sélection de la PG2 ne seront peut-être pas aussi graves en réalité que dans les simulations, car les prises réelles dans la majorité des stocks de hareng de la Colombie-Britannique tendent à être inférieures aux quotas recommandés. Par exemple, dans plusieurs zones, les prises réelles sont souvent inférieures au TAC (c.-à-d. le taux de récolte est de moins de 20 %). De faibles taux de récolte de l'ordre de 10 % ne sont pas rares dans les pêches au poisson-fourrage gérées en vertu de procédures de gestion testées par simulation. Par exemple, les TAC de la pêche à l'anchois de l'Afrique du Sud sont fixés à 9 % de la biomasse estimée, principalement parce que des simulations ont révélé de forts risques liés à la confiance dans le recrutement fondé sur les modèles estimés à partir de données incertaines de relevés (Butterworth et Bergh 1993). D'autres études de simulation indiquent que des taux de récolte étonnamment faibles sont nécessaires pour compenser les risques d'erreurs des modèles d'évaluation des stocks (CNR 1998).

Considération spéciale : règleCC

La règleCC (PG3) examinée pour la zone de la CC conserve la plus haute biomasse du stock reproducteur (par rapport aux niveaux non exploités) et les plus faibles probabilités d'excéder les PRL, mais les prises se situaient en moyenne à 54 % et à 55 % des prises de la PG1 et de la PG2 respectivement. Les résultats plus prudents pour la règleCC sont probablement plus attribuables au taux de récolte plus faible de 10 % qu'à l'approche « axée sur les données » pour prévoir la biomasse. La différence la plus visible dans le rendement de la règleCC et des autres PG se situe dans la variabilité annuelle moyenne, qui mesure le changement proportionnel moyen du TAC au fil des ans. Avec la règleCC, la variabilité annuelle moyenne était d'environ 44 et 34 à long et à court terme, respectivement, tandis qu'elle était de 24-25 dans les procédures basées sur les modèles, à court et à long terme. Un grand nombre des changements annuels du TAC sous la règleCC sont des réponses arbitraires à l'incertitude dans les relevés, car les approches « axées sur les données » utilisent des données non filtrées des relevés pour prévoir la biomasse (c.-à-d. elles n'utilisent pas de modèle ou de moyenne pour lisser l'incertitude dans les données de relevés). C'est pourquoi la règleCC entraînera vraisemblablement de fréquentes fermetures de la pêche et d'importantes fluctuations interannuelles des prises lorsque la pêche est ouverte.

Sources d'incertitude

Les résultats de la modélisation dans la partie 1 ne reflètent que les hypothèses structurelles précisées dans le modèle et les pondérations associées aux différentes composantes de données, ce qui présente une estimation minimale de l'incertitude. L'incertitude dans les estimations des paramètres et les quantités dérivées est explicitement traitée au moyen d'une approche bayésienne, et l'incertitude présentée est fonction des hypothèses structurales des modèles. Les modèles opérationnels qui utilisent des méthodes de paramétrage différentes de la mortalité naturelle, ou qui émettent des hypothèses structurelles différentes au sujet de la structure du stock produiront des plages d'incertitude différentes.

Les scénarios de la partie 2 de la présente analyse reposent sur des tendances historiques de la productivité et pourraient ne pas refléter les conditions futures des zones de stock. Comme il a été indiqué précédemment, le rendement des PG était fortement lié aux scénarios de productivité future simulés. Par exemple, les PG respectent les critères des PRL dans les stocks affichant une tendance prévue de *M* à la hausse ou constante, mais ne les respectent pas dans les stocks où *M* devrait augmenter à l'avenir. Une évaluation de la stratégie de gestion (ESG) plus exhaustive prendrait en compte un éventail de modèles opérationnels et d'évaluation, comme il est discuté dans la section ci-après.

Conclusions et avis

Un processus d'ESG a été entrepris pour la pêche du hareng du Pacifique en mai 2015. Ce processus collaboratif pluriannuel à grande échelle vise à clarifier les objectifs de gestion, les stratégies et les tactiques pour atteindre ces objectifs, et les données scientifiques nécessaires pour soutenir ce processus de gestion. Les travaux présentés ici reposent sur des simulations présentées dans Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]) utilisant le même cadre analytique, mais des modèles opérationnels et d'évaluation différents. En conséquence, les résultats présentés ici diffèrent de ceux présentés dans Cox *et al.* (2015, en cours de rédaction[2]), surtout en raison des différences dans les scénarios relatifs à *M*.

Il demeure nécessaire de formuler un avis de gestion au moins pour l'année de pêche de 2015-2016. La partie 1 de la présente réponse des Sciences fournit un avis scientifique ciblé sur les

tendances de la biomasse du stock reproducteur, l'état des stocks en 2015, et les projections de la biomasse du stock reproducteur avant la récolte en 2016 obtenues au moyen de deux différentes évaluations des stocks : ME1 et ME2. Les tables de décision pour 2016 présentent les probabilités que la biomasse projetée du stock reproducteur tombe sous le niveau correspondant à 0,25 de la BSR_0 (ME1) ou les seuils fixes (ME2), et que le taux de récolte dépasse les taux cibles de 20 % ou de 10 % pour un éventail de prises constantes. Les résumés des résultats de la partie 1 pour chaque zone sont fournis ci-après.

Pour orienter l'interprétation de l'avis d'évaluation présenté à la partie 1 ainsi que la sélection d'autres procédures de gestion pour 2015-2016, les éventuelles conséquences de l'adoption de la procédure de gestion actuelle (seuil estimé et q estimé [PG1]) ou de la procédure de gestion historique (seuil fixe et $q = 1$ [PG2]) ont été évaluées au moyen d'une approche par simulation en boucle fermée. Une autre PG a aussi été évaluée pour la zone de la CC (règleCC). Toutes les PG ont été évaluées en vue d'éviter les points de référence limite éventuels et par rapport aux prises annuelles moyennes et à la variabilité annuelle moyenne des prises. Les principaux résultats de l'analyse par simulation de la partie 2 sont aussi présentés ci-dessous.

Même si l'analyse par simulation incluse dans cette évaluation est une première étape très prometteuse vers une ESG qui pourrait englober un éventail de modèles opérationnels et d'évaluation, les futurs travaux de simulation devront tenir compte d'autres scénarios du taux de mortalité naturelle future. De plus, l'analyse par simulation n'a pas évalué les répercussions sur la gestion de pêches multiples/séquentielles (p. ex., rogue sur varech), les prédateurs du hareng du Pacifique, ou d'autres scénarios impliquant des paramètres clés du cycle biologique, comme la maturité, la croissance ou la répartition spatiale. De telles évaluations nécessitent différents modèles opérationnels et d'évaluation qui pourraient inclure la structure spatiale, la gestion en cours de saison et les impacts écosystémiques de la pêche. De tels scénarios de modèles et procédures de gestion pourraient être élaborés dans le cadre d'un processus d'évaluation des stratégies de gestion des pêches du hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Cependant, il faudra établir les priorités des activités analytiques pour aborder les autres hypothèses pertinentes afin de déterminer si les options de gestion mènent aux résultats souhaités.

Compte tenu des courts délais pour mettre sur pied le groupe de travail technique du projet pilote formé de représentants du MPO, des Premières Nations et des pêcheurs commerciaux, et pour réaliser l'évaluation des stocks et l'analyse par simulation nécessaires à la préparation d'un avis scientifique en vue de l'élaboration du Plan de gestion intégrée des pêches de 2016, les progrès à ces égards sont remarquables. Pour tirer parti de ces collaborations et faire progresser l'ESG du hareng du Pacifique, il est recommandé de réaliser un examen de la gouvernance et du processus du groupe de travail technique du projet pilote.

Sommaire de la partie 1 : évaluation des stocks

Voici le résumé des données sur la tendance de la biomasse et l'état des stocks par rapport aux seuils estimés ou fixes du ME1 et du ME2 respectivement dans la partie 1 pour chaque zone de stock.

Haida Gwaii

- Le ME1 et le ME2 estiment que le stock de la zone d'HG a décliné de 2013 à 2015, et les deux modèles prévoient un déclin de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016. Avec les deux méthodes d'évaluation, les déclins de la biomasse projetée du stock reproducteur sont attribuables à l'estimation sous la moyenne du recrutement en 2013 et en 2015, de sorte qu'il ne remplace pas la biomasse perdue par la mortalité naturelle.
- Le ME1 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 23 354 t et la BSR_{2015} est estimée à 68 % (médiane) du niveau non exploité, BSR_0. Le ME2 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 11 892 t et à 44 % de BSR_0.
- Le ME1 projette que la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 sera de 19 795 t, tandis que le ME2 l'estime à 10 450 t. En l'absence de pêche, le ME1 estime qu'il y a une probabilité de 2 % que le stock se situe sous le seuil de 25 % de la BSR_0 en 2016, et le ME2 estime une probabilité de 52 % que le stock se situe sous le seuil fixe de 10 700 t en 2016.

District de Prince Rupert

- Le ME1 et le ME2 estiment que le stock de la zone du DPR a augmenté de 2014 à 2015, et les deux modèles prévoient une hausse de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016. Le ME1 et le ME2 estiment qu'il y a eu un recrutement relativement important de poissons d'âge 2 dans la population en 2015, en grande partie en raison de la proportion élevée de poissons d'âge 2 dans les échantillons de 2015.
- Le ME1 estime la biomasse médiane du stock reproducteur (BSR_{2015}) à 20 759 t, et la BSR_{2015} est estimée à 33 % (médiane) du niveau non exploité BSR_0. Le ME2 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 19 728 t et à 32 % de la BSR_0.
- Le ME1 projette que la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 sera de 26 580 t, tandis que le ME2 l'estime à 25 530 t. Au moment de comparer les prévisions du ME1 et du ME2, contrairement aux autres zones de stock, le ME1 prévoit une plus forte probabilité de tomber sous le niveau de 0,25 de la BSR_0 (en estimant q), et le ME2 prévoit une plus faible probabilité de tomber sous le seuil fixe de 12 100 t ($q = 1$) pour une proposition de capture équivalente. En l'absence de pêche, le ME1 prévoit une probabilité de 10 % que le stock de la zone du DPR se situe sous le niveau de 0,25 de la BSR_0, et le ME2 prévoit une probabilité de 3 % que le niveau se trouve sous le seuil fixe de 12 100 t.

Côte centrale

- L'inclusion de la zone 08 dans la zone d'évaluation de la CC est définie par l'équipe technique du MPO et de la Première Nation Heiltsuk comme étant un élément préoccupant pour les Premières Nations. Plus précisément, on se demande si le processus d'inclusion du frai de la zone 08 dans la biomasse globale du stock reproducteur de la zone de la CC a entraîné une pêche plus importante que prévue dans les zones 06 et 07 relativement à leur contribution à la biomasse globale du stock reproducteur de la zone de la CC.
- On a commencé par examiner dans quelle mesure les données disponibles sur la taille selon l'âge soutiennent encore l'inclusion de la zone 08 dans l'évaluation de la zone de la CC. Les poissons sont systématiquement plus petits en moyenne dans la zone 08 que les poissons du même âge dans les zones 06 ou 07, ce qui pourrait prouver que les stocks

de la zone 08 sont distincts de ceux des zones 06 et 07. Ce point mérite d'être étudié plus en profondeur.

- À la lumière de cette information et des tendances antérieures des prélèvements dans les zones 06 et 07 seulement et, parce que ces analyses ont été expressément demandées, les estimations de la biomasse du stock reproducteur et les projections d'avant la récolte ainsi que les tables de décision concernant le hareng de la côte centrale en 2016 font l'objet de deux scénarios : l'inclusion et l'exclusion des données de la zone 08.
- Les deux modèles estiment que la biomasse du stock reproducteur est à la hausse depuis 2012; ces observations correspondent aux scénarios d'inclusion et d'exclusion des données de la zone 08.
- D'après le scénario qui consiste à regrouper toutes les données de la CC, les estimations médianes de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) pour le ME1 et le ME2 sont de 44 900 t et de 24 832 t, et la BSR_{2015} est estimée à 74 % et à 46 % du niveau non exploité de la BSR_0. Selon le scénario d'exclusion des données de la zone 08 de l'évaluation de la zone de la CC, les estimations médianes de la biomasse du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) pour le ME1 et le ME2 sont de 40 981 t et de 23 126 t, et la BSR_{2015} est estimée à 75 % et à 46 % de BSR_0.
- La biomasse projetée pour 2016 est presque identique aux estimations de la biomasse pour 2015. Cela s'applique pour le ME1 et le ME2, et ce, peu importe si la zone 08 est incluse ou exclue de la zone d'évaluation. Selon le scénario de regroupement de toutes les données de la CC, le ME1 projette que la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 sera de 44 210 t, tandis que le ME2 l'estime à 25 570 t. Selon le scénario d'exclusion des données de la zone 08 de l'évaluation de la CC, le ME1 projette que la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 sera de 40 945 t, tandis que le ME2 l'estime à 24 170 t.
- En l'absence de la pêche, le ME1 estime qu'il y a 0 % de probabilité que le stock se situe en dessous du seuil de 25 % de la BSR_0 en 2016 (pour les deux scénarios de données). Le ME2 estime une probabilité de 12 % et de 16 % de tomber sous les seuils fixes de 17 600 t et de 16 016 t en 2016 (comprend et exclut la zone 08, respectivement).
- Les tables de décision pour le hareng de la CC comprennent un autre seuil de 0,60 de la BSR_0 et des taux de récolte de 5 %, de 10 % et de 20 %, comme l'a demandé l'équipe technique du MPO et de la Première Nation Heiltsuk. Cet autre seuil tient compte de l'inquiétude de la Première Nation Heiltsuk concernant les récoltes ASR toujours aussi mauvaises, ainsi que l'absence continue de reproducteurs à de nombreux importants sites de frai traditionnels. De plus, après la réunion du SCCS en mai 2015, on a demandé d'utiliser une méthodologie empirique de prévision de la biomasse (prévision = indice du frai + prises) et, à l'aide de cette méthode, la biomasse du stock reproducteur avant la capture en 2016 a été estimée à 32 772 t (zones 06, 07 et 08) ou à 30 473 t (zones 06 et 07 seulement).

Détroit de Georgie

- Le ME1 et le ME2 estiment que le stock de la zone du DG a augmenté de 2014 à 2015, et les deux modèles prévoient une hausse de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016. La trajectoire à la hausse de la biomasse du stock reproducteur et des projections pour 2016 sont attribuables à la trajectoire à la hausse du frai depuis 2000.
- Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 174 687 t et à 92 511 t; l'état du stock en 2015 est estimé à 122 % (ME1) et à 78 % (ME2) du niveau non exploité.

- Le ME1 projette que la biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 sera de 217 800 t, tandis que le ME2 l'estime à 123 000 t.
- En l'absence de pêche, le ME1 estime qu'il y a une probabilité de 0 % que le stock se situe sous le seuil de 25 % de la BSR_0 en 2016; le ME2 estime une probabilité de 0 % que le stock se situe sous le seuil fixe de 21 200 t en 2016.

Côte ouest de l'île de Vancouver

- Il y a de faibles hausses des estimations médianes du stock reproducteur de 2014 à 2015, mais l'ampleur absolue des augmentations est faible, et l'incertitude liée aux estimations est grande. Les deux modèles ont été adaptés à la valeur de l'indice du relevé sur le frai de 2015, mais ils ajustent à la baisse les valeurs de 2013 et de 2014, ce qui explique comment un modèle peut estimer qu'un stock semble à la hausse, même si les plus récentes données sur l'indice du frai indiquent un déclin de 2014 à 2015.
- Le ME1 estime la biomasse médiane du stock reproducteur (BSR_{2015}) à 25 338 t, et la BSR_{2015} est estimée à 44 % (médiane) du niveau non exploité BSR_0. Le ME2 estime la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 12 708 t et à 28 % de la BSR_0.
- Il y a des différences marquées dans les probabilités de se situer sous les seuils estimés et fixes en 2016. Le ME1 projette une biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte en 2016 de 34 450 t; le ME2 projette une biomasse médiane du stock reproducteur avant la récolte de 17 830 t. Les résultats du ME1 indiquent une probabilité de 1 % que le stock se situe sous l'estimation de 0,25 de la BSR_0, tandis que les résultats du ME2 indiquent une probabilité de 56 % que le stock se situe sous le seuil fixe de 18 800 t.

Zone 2W

- Les deux modèles d'évaluation estiment que la biomasse du stock reproducteur est stable, la biomasse médiane ayant varié de 3 260 t à 4 004 t (ME1) et de 1 428 t à 1 715 t (ME2) de 2011 à 2015. Les deux modèles sont ajustés aux observations de 2014 et ajustent à la baisse les observations de 2006-2013; ils estiment une trajectoire à la baisse au cours des dernières années avec un degré élevé d'incertitude. Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 3 260 t et à 1 428 t; l'état médian du stock (BSR_{2015}) par rapport au niveau non exploité (BSR_0) est estimé à 101 % et à 72 % (ME1 et ME2).
- Les deux modèles projettent une hausse de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016, le ME1 et le ME2 prévoyant une BSR_{2016} de 2 834 t et de 1 255 t respectivement.

Zone 27

- Les deux évaluations estiment que le stock a augmenté de 2012 à 2015. On observe un certain écart dans l'indice du frai de 2000 à 2015, et les deux modèles restituent la majorité de ces données de relevé. Le ME1 et le ME2 estiment la biomasse médiane du stock reproducteur en 2015 (BSR_{2015}) à 2 176 t et à 1 738 t; la BSR_{2015} est estimée à 99 % et à 95 % de la BSR_0.
- Les deux modèles projettent une diminution de la biomasse médiane du stock reproducteur en 2016, le ME1 et le ME2 prévoyant une biomasse médiane de 2 834 t et de 1 255 t respectivement (tableau 4).

Sommaire de la partie 2 : analyse par simulation

- La simulation du rendement des procédures de gestion dépend de la façon dont les futures tendances de la mortalité naturelle sont simulées dans le modèle opérationnel. Les valeurs historiques de *M* utilisées dans cette analyse génèrent quelques résultats qui ne correspondent pas aux expériences récentes. Notamment, l'application de la PG1 ou de la PG2, dans les zones de stocks d'HG et de la COIV, devrait obtenir moins de 5 % de probabilité de tomber sous les points de référence de 0,25 de la B_0, tandis qu'il y a plus de 10 % de probabilité que cela se produise dans la zone du DG. Cette différence est attribuable aux scénarios optimistes de productivité future simulés pour les zones d'HG et de la COIV.
- Parmi tous les stocks, aucune PG n'a réussi à respecter les objectifs des PRL de biomasse élevée (0,40 B_0, PRL-CC de la biomasse moyenne entre 1985 et 1994).
- Après un examen des résultats à court et à long terme, le ME1 obtient généralement une biomasse plus faible par rapport à l'état non exploité et un taux de prises plus élevé que le ME2.

Par zone, les conclusions sont les suivantes :

- Aucune des deux PG fondées sur les modèles n'a réussi à respecter les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 pour la zone du DG. Cela s'explique par le fait que les valeurs de *M* échantillonnées aux fins de l'analyse par simulation étaient plus élevées pour la zone du DG que l'ont été les estimations au cours des 15 dernières années.
- Aucune PG n'a respecté les critères des PRL dans la zone de la CC.
- Aucune des deux PG fondées sur les modèles n'a réussi à respecter les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 pour la zone d'HG et du DPR.
- Seule la PG2 a respecté les critères des PRL 0,25 B_0 et 0,30 B_0 pour la zone de la COIV.

Collaborateurs

Nom	Organisation
Jaclyn Cleary	MPO, Secteur des sciences, Région du Pacifique
Nathan G. Taylor	MPO, Secteur des sciences, Région du Pacifique
Ashleen Benson	Landmark Fisheries Research
Sean P. Cox	Landmark Fisheries Research
M. Hargreaves (rédacteur)	MPO, Secteur des sciences, Région du Pacifique

Remerciements

Le MPO souhaite remercier les membres du groupe de travail technique du projet pilote pour leur collaboration et leur contribution. Ce groupe comprenait des participants désignés qui ont fourni des avis techniques sur l'analyse, ont passé les résultats en revue et ont rédigé le rapport. Même si les contributeurs et le groupe de travail technique ont trouvé un certain terrain d'entente, le rapport final ne représente pas l'opinion de tout le groupe de travail technique en ce qui concerne certains des problèmes techniques, l'interprétation des résultats ou les conclusions de la réponse des Sciences. Les membres du groupe de travail technique étaient Paul Starr (consultant de la Herring Research and Conservation Society), Don Hall (gestionnaire du Programme des pêches, conseil tribal de Nuu-chah-nulth), Russ Jones

(Conseil de la Nation haïda), Brenda Spence (Gestion des ressources du MPO) et Brigitte Dorner (consultante au nom du conseil tribal Heiltsuk).

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
Le 20 octobre 2015

Sources de renseignements

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences de septembre 2015 sur l'évaluation et la gestion des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état en 2015 et prévisions pour 2016.

Butterworth, D.S., Bergh, M.O. 1993. The development of a management procedure for the South African anchovy resource. *In* Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management, pp. 83-99. Ed. by S. J. Smith, J. J. Hunt, and D. Rivard. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120.

Butterworth, D.S. 2007. Why a management procedure approach? Some positives and negatives. ICES J. Mar. Sci. 64: 613-617.

Christensen, L.B., Haist, V., Schweigert, J. 2010. Modeling herring population dynamics Herring Catch-at-Age Model version 2. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/073. iv + 63 p.

Cleary, J.S., Schweigert, J.F. 2011. Stock Assessment and Management Advice for the British Columbia Herring Stocks: 2010 Assessment and 2011 Forecasts. DFO Can. Sci. Advis. Res. Doc. 2011/115. viii + 90 p.

de la Mare, W.K. 1998. Tidier fisheries management requires a new MOP (management oriented paradigm). Rev. Fish Biol. Fish. 8: 349-56.

MPO. 2014. Évaluation et gestion des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état en 2013 et prévisions pour 2014. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/003.

MPO. 2015. Évaluation et gestion des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état en 2014 et prévisions pour 2015. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/060.

Flostrand, L.A., Schweigert, J.F., Daniel, K.S., Cleary, J.S. 2009. Measuring and modelling Pacific herring spawning-site fidelity and dispersal using tag-recovery dispersal curves. ICES J. Mar. Sci. 66: 1754-1761.

Haist, √ , Schweigert, J. 2006. Catch-age models for Pacific herring: Evaluation of alternative assumptions about fishery and stock dynamics and alternative error distributions. DFO Can. Sci. Advis. Res. Doc. 2006/064. ii+ 55 p.

Haist, V., Stocker, M. 1984. Stock assessments for British Columbia herring in 1983 and forecasts of potential catch in 1984. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1751: 50 p.

Hall, D.L., Hilborn, R., Stocker, M., Walters, C.J. 1988. Alternative harvest strategies for Pacific herring (*Clupea harengus pallasi*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 888-897.

Hay, D.E., McCarter, P.B., Daniel, K.S. 2001. Tagging of Pacific herring (*Clupea pallasi*) from 1936–1992: a review with comments on homing, geographic fidelity, and straying. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1356-1370.

Kunsch, Hans R. 1989. The Jackknife and the Bootstrap for General Stationary Observations. The Annals of Statistics. JSTOR, 1217-41.

Martell, S.J., Schweigert, J.F., Haist, V., Cleary, J.S. 2012. Moving towards the sustainable fisheries framework for Pacific herring: data, models, and alternative assumptions; Stock Assessment and Management Advice for the British Columbia Pacific Herring Stocks: 2011 Assessment and 2012 Forecasts. DFO Can. Sci. Advis. Res. Doc. 2011/136. xii + 151 p.

National Research Council (NRC). 1998. Improving Fish Stock Assessments. Committee on Fish Stock Assessment Methods, National Research Council. ISBN: 0-309-52432-6, 188 pages.

Pikitch, E., Boersma, P.D., Boyd, I.L., Conover, D.O., Cury, P., Essington, T., Heppell, S.S., Houde, Pikitch, E., Boersma, P.D., Boyd, I.L., Conover, D.O., Cury, P.,Essington, T., Heppell, S.S., Houde, E.D., Mangel, M., Pauly, D.,Plagányi, É., Sainsbury, K., Steneck, R.S. 2012. Little Fish,Big Impact: Managing a Crucial Link in Ocean Food Webs.Lenfest Ocean Program. Washington, DC. 108 pp.

Schnute, J.S., Richards, L. 1995. The influence of error on population estimates from catch-age models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 2063-2077.

Shelton, P.A., Sinclair, A.F. 2008. It's time to sharpen our definition of sustainable fisheries management. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2305-2314.

Walters, C., MacGuire, J.J. 1996 . Lessons for stock assessment from the northern cod collapse. Rev. Fish Biol. Fish. 6: 124-137.

Zheng, J., Funk, F.C., Kruse, G.H., Fagen, R. 1993. Evaluation of threshold management strategies fro Pacific herring in Alaska. Pages 141-166 *in* Kruse, G., Eggers, D.M., Marasco, R.J., Pautzke, C. and Quinn, T.J. II, editors. Proceedings of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. University of Alaska Fairbanks, Alaska Sea Grant College Program Report 93-01.

Annexe

Tableau A.1. Série chronologique de données sur l'indice du frai pour les stocks de hareng de la Colombie-Britannique.

Année	HG	DPR	CC	DG	COIV	Zone 2W	Zone 27
1951	4 213	27 149	15 390	66 143	19 597	-	-
1952	2 578	24 047	10 295	72 376	13 310	-	-
1953	7 555	28 468	18 237	111 307	39 571	-	-
1954	12 408	13 535	13 967	82 141	20 648	-	-
1955	6 437	14 482	13 564	69 854	15 112	-	-
1956	6 042	14 533	6 626	25 667	27 183	-	-
1957	1 592	27 518	4 607	24 465	44 114	-	-
1958	815	9 882	3 549	16 911	18 986	-	-
1959	8 981	40 961	3 904	47 864	12 979	-	-
1960	6 599	16 545	12 615	55 709	6 015	-	-
1961	8 981	12 059	4 265	44 326	10 556	-	-
1962	5 730	26 329	11 948	35 531	34 470	-	-
1963	7 297	16 981	6 485	37 381	11 245	-	-
1964	4 104	26 919	6 464	35 954	22 761	-	-
1965	1 378	6 055	2 097	38 390	11 891	-	-
1966	2 824	7 105	1 863	7 211	3 722	-	-
1967	710	3 386	5 434	9 647	4 813	-	-
1968	833	5 197	5 790	9 442	11 029	-	-
1969	2 075	965	1 837	14 039	10 465	-	-
1970	5 552	8 814	8 230	34 163	26 912	-	-
1971	13 291	8 480	4 156	38 921	36 206	-	-
1972	9 542	8 774	3 572	25 139	41 857	-	-
1973	7 960	10 959	12 434	16 191	19 481	-	-
1974	14 510	9 244	8 852	40 571	25 540	-	-
1975	9 686	10 565	8 037	70 208	49 149	-	-
1976	15 986	15 199	13 849	60 511	64 200	-	-
1977	15 717	10 425	14 613	78 113	58 679	-	-
1978	16 885	4 734	7 747	101 784	45 607	832	3 595
1979	12 236	7 600	5 669	63 973	66 397	494	6 909
1980	30 455	11 001	12 957	85 679	62 308	2 114	14 419
1981	18 823	12 939	15 811	54 754	52 014	1 811	1 828
1982	22 159	16 108	16 239	101 025	31 926	4 781	4 137
1983	19 470	23 575	18 214	66 201	16 771	4 869	2 501
1984	22 120	25 702	13 788	26 054	23 872	2 522	3 004
1985	17 232	39 606	8 483	25 024	30 010	1 719	1 382
1986	5 679	25 580	20 056	41 575	39 514	684	3 495
1987	10 750	38 673	12 431	41 737	16 858	989	952

Année	HG	DPR	CC	DG	COIV	Zone 2W	Zone 27
1988	13 631	33 957	26 457	24 976	46 242	3 380	1 612
1989	23 638	14 876	21 098	66 052	47 718	2 719	4 612
1990	25 404	21 177	29 106	67 150	46 464	10 946	5 212
1991	16 204	24 305	18 429	45 827	29 996	2 985	3 213
1992	11 068	38 585	42 594	82 710	42 366	3 909	2 779
1993	6 462	23 328	31 717	90 197	34 408	89	5 576
1994	12 807	14 683	28 790	67 138	25 249	248	5 229
1995	4 737	16 879	21 343	64 898	27 128	-	2 484
1996	7 423	22 664	20 344	71 325	33 121	-	1 332
1997	10 778	23 565	27 016	58 181	45 362	-	1 963
1998	20 681	17 997	29 738	74 616	41 011	469	2 156
1999	9 472	27 742	30 723	85 094	19 734	-	658
2000	5 359	17 943	30 810	72 688	12 799	288	1 301
2001	13 860	35 070	24 334	99 703	13 414	35	221
2002	2 286	20 503	20 343	117 862	21 242	149	917
2003	7 398	34 561	24 504	152 150	31 375	1 462	963
2004	5 263	31 104	28 245	122 839	16 432	2 996	1 223
2005	3 614	28 172	23 935	102 755	9 663	584	1 918
2006	4 097	10 255	9 084	50 258	2 875	1 828	2 044
2007	9 436	15 669	9 264	38 524	2 246	1 469	2 248
2008	4 213	12 728	4 255	34 507	2 739	2 000	796
2009	9 794	11 961	10 771	53 652	10 607	2 871	1 201
2010	6 845	28 590	8 654	51 039	2 464	2 725	846
2011	7 554	21 097	10 533	85 001	9 644	2 641	547
2012	11 984	22 716	7 592	52 636	5 407	2 180	744
2013	16 025	25 755	20 359	83 693	12 342	2 076	914
2014	10 566	17 125	13 309	120 468	13 901	1 368	1 307
2015	13 102	17 408	32 146	104 481	11 323	-	2 169

Tableau A.2. Codes utilisés dans les modèles d'exploitation et d'évaluation.

Symbole	Description
T_0	Mi-durée de la période d'initialisation
T_1	Année au cours de laquelle les procédures de gestion ont commencé
T_2	Année qui marque la fin de la simulation
A	Nombre de classes d'âge
t	Intervalle de temps
a	Classe d'âge en années

Symbole	Description
B_0	Biomasse du stock reproducteur non exploitée (unités déterminées par unités de poids selon l'âge
h	Variation dans la fonction de recrutement
M_t	Taux instantané de mortalité naturelle au cours de l'année t
L_∞	Longueur asymptotique (en cm)
L_1	Longueur moyenne à l'âge 1 (cm)
k	Coefficent de croissance de von Bertalanffy (/an)
a_{50}^{mat}	Âge à une maturité de 50 %
a_{95}^{mat}	Âge à une maturité de 95 %
$a_{50}^{sel,x}$	Âge, à une sélectivité de 50 % par relevé (X=S) et par pêche (X=F)
$a_{95}^{sel,x}$	Âge, à une sélectivité de 95 % par relevé (X=S) et par pêche (X=F)
q	Coefficient de capturabilité des relevés
R_0	Recrutement non exploité
m_a	Proportion de poissons matures selon l'âge
s_a^x	Proportion de poissons sélectionnés selon l'âge par relevé (X=S) et par pêche (X=F)
w_a	Poids selon l'âge individuel
ϕ_x	Rendement d'équilibre (x=y) ou biomasse du stock reproducteur (x=ssb) par recrue
$N_{a,t}$	Nombre de poissons d'âge a à l'année t
$B_{a,t}$	Biomasse des poissons d'âge a à l'année t
B_t^{Sp}	Biomasse du stock reproducteur à l'année t
B_t^{Ex}	Biomasse exploitable à l'année t
$C_{a,t}$	Nombre de poissons capturés d'âge a à l'année t
C_t	Capture, en nombre
$u_{a,t}$	Proportion réelle selon l'âge a au temps t de la capture
Q_t	Biomasse des captures
I_t	Estimation de la biomasse des relevés

Symbole	Description
σ_R	Écart-type de la marche aléatoire dans le recrutement
σ_M	Écart-type de la marche aléatoire dans le taux de mortalité naturelle
σ_α	Écart-type de la marche aléatoire dans le point d'intersection de Walford (taux de croissance)
y^X	Autocorrélation avec décalage de 1 période du taux de mortalité naturelle logarithmique (X = M), du logarithme du recrutement (X = R) et du paramètre de croissance ($X = \alpha$).
w_t^X	Erreur d'autocorrélation du taux de mortalité naturelle logarithmique (X = M), du logarithme du recrutement (X = R) et du paramètre de croissance ($X = \alpha$).
δ_t^X	Composante de l'erreur *normale* (0,1,) du taux de mortalité naturelle logarithmique (X = M), du logarithme du recrutement (X = R) et du paramètre de croissance ($X = \alpha$).
$\tau_{I,t}$	Coefficient de variation des relevés à l'année *t*
τ_P^X	Écart-type de la composition par âge des prises (X = F) et des relevés (X = S)
ε_t	Erreur *normale* (0,1) non corrélée du logarithme du relevé
$\eta_{a,t}^X$	Erreur normale (0,1) non corrélée de la transformation logistique de la composition par âge
$x_{a,t}^X$	Résidu logarithmique centré à l'origine de la composition par âge
$p_{a,t}^X$	Proportion de poissons d'âge *a* observée, à l'année *t* de la capture

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Avis de gestion et évaluation des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique : état en 2015 et prévisions pour 2016. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/038.

Also available in English:

DFO. 2015. Stock Assessment and Management Advice for BC Pacific Herring: 2015 Status and 2016 Forecast. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2015/038.